



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

Kelly Marina Silva Santos

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO MONITOR DE SECAS PARA
DEFINIÇÃO DE SECAS EM SERGIPE**

São Cristóvão - SE
2020

Kelly Marina Silva Santos

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO MONITOR DE SECAS PARA DEFINIÇÃO DE SECAS EM SERGIPE

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof. Dra. Tatiana Máximo Almeida Albuquerque

Coorientador: Prof. Dr. Ludmilson Abritta Mendes

São Cristóvão - SE
2020

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

Santos, Kelly Marina Silva
S237a Avaliação da eficiência do monitor de secas para definição de
secas em Sergipe / Kelly Marina Silva Santos ; orientadora
Tatiana Máximo Almeida Albuquerque. - São Cristóvão, 2020.
148 f. : il.

Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Universidade
Federal de Sergipe, 2020.

1. Engenharia civil. 2. Secas. I. Albuquerque, Tatiana Máximo
Almeida Orient. II. Título.

CDU 625

Avaliação da eficiência do monitor de secas para definição de secas em sergipe



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos 05 (cinco) dias do mês de março de 2020, às 09h00min (nove horas), reuniram-se, no Mini auditório do PROEC na cidade Universitária "Prof. José Aloísio de Campos", os membros da Comissão Examinadora, formada pelos professores doutores TATIANA MAXIMO ALMEIDA ALBUQUERQUE (Orientadora - PROEC/UFS), LUDMILSON ABRITTA MENDES (Examinador interno - PROEC/UFS), EDUARDO SÁVIO PASSOS RODRIGUES MARTINS (Examinador externo à Instituição - UFC), e INAJA FRANCISCO DE SOUSA (Examinador Externo ao Programa - UFS), para a realização da Defesa de Dissertação de Mestrado, do Trabalho intitulado "AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO MONITOR DE SECAS PARA DEFINIÇÃO DE SECAS EM SERGIPE", da mestranda KELLY MARINA SILVA SANTOS. Após a apresentação do candidato e a arguição dos membros da supracitada Comissão, o candidato foi considerado APROVADA. Não havendo nada mais a tratar, eu, TATIANA MAXIMO ALMEIDA ALBUQUERQUE, presidente da Comissão, lavrei a presente ata, que será assinada por mim, pelo candidato e pelos demais membros da Comissão Examinadora. São Cristóvão, Cidade Universitária "Prof. José Aloísio de Campos", 05 de março de 2020.

Tatiana Máximo Almeida Albuquerque
Prof.ª. Dr.ª. TATIANA MAXIMO ALMEIDA ALBUQUERQUE
(Presidente - Orientadora)

Ludmilson Abritta Mendes
Prof. Dr. LUDMILSON ABRITTA MENDES
(Examinador - interno)

Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins
Prof. Dr. EDUARDO SÁVIO PASSOS RODRIGUES MARTINS
(Examinador - externo à instituição)

Inaja Francisco de Sousa
Prof. Dr. INAJA FRANCISCO DE SOUSA
(Examinador - externo ao programa)

Kelly Marina Silva Santos
Eng.ª. KELLY MARINA SILVA SANTOS
(Candidata)

AGRADECIMENTOS

A cada etapa cumprida agradeço a Deus por toda força, paciência, persistência e saúde que me concede. Sem Ele nada do que faço teria valor.

Agradeço a meus pais por todo incentivo, compreensão e amor ao longo de toda vida. Tudo o que eu consigo conquistar é devido ao esforço e à dedicação deles à nossa família. Gratidão por serem meu maior suporte e minha mais forte torcida.

Ao meu amor, Gabriel, que recarrega minhas energias e me motiva a continuar e alcançar meus objetivos. Meu grande amigo, que me ouve e me acalma nos momentos difíceis.

Aos meus irmãos (Ana e Saulo) e Thayse, meus melhores amigos, que estão sempre vibrando por mim e não me deixam desanimar.

A Guilherme, meu pequeno grande amor, que chegou na minha vida para me ajudar a ser alguém melhor e mais feliz.

A minha querida orientadora Tatiana Máximo por todas as ideias e sugestões, e, principalmente, por me ensinar que nossas pesquisas devem estar a serviço da sociedade e do bem coletivo. Sou grata pela sua presença na minha vida acadêmica e também pessoal.

Ao meu coorientador Ludmilson Mendes por todo auxílio na parte estatística e pela disposição em ajudar sempre que necessário.

Ao professor Alcigeimes B. Celeste por ter sido uma grande inspiração (de pessoa e profissional) desde a graduação, quem me inseriu no universo da pesquisa e me acolheu em tantas atividades acadêmicas, como PIBIC, TCC e estágio de docência.

À Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SERHMA) pela oportunidade de participar do comitê técnico-científico do Monitor de Secas e também pelos dados fornecidos. Em especial, a Ailton Rocha, Overland Amaral e Edvaldo Dantas.

Ao professor Inajá pela parceria no comitê.

A Alan por toda parceria, auxílio e sugestões em tantos trabalhos que compartilhamos.

Aos amigos e à família, que estão sempre torcendo por mim.

Aos colegas Elton, João Paulo, Daniela e Thiers, do grupo de pesquisa, grandes colaboradores deste estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

Enfim, agradeço a todos os envolvidos nessa jornada. Que os frutos a serem colhidos estejam à disposição de todos os sergipanos.

RESUMO

A seca é um fenômeno natural recorrente em diversas regiões do planeta e provoca sérios impactos sobre o meio ambiente e a população. Historicamente, o governo das localidades afetadas costuma adotar medidas emergenciais para combater esses impactos. Nas últimas décadas, surgiram programas de preparação para a seca em vários países, a exemplo dos Estados Unidos, Portugal e México. No Brasil, a implementação do Monitor de Secas (MSB) evidencia o início da transição da gestão de crise para gestão de riscos da seca. Essa ferramenta consiste em um produto de monitoramento baseado em diversos índices e dados observados, através de um processo participativo entre instituições federais e estaduais. Dada a importância da consolidação do Monitor como meio de suporte à decisão para políticas públicas, esta pesquisa buscou avaliar a eficiência na identificação das regiões secas pelo MSB no estado de Sergipe. Foram utilizados dados climáticos estaduais e decretações de emergência pela Defesa Civil para análise de associação com a classificação da seca pelo Monitor, através de ferramentas estatísticas: o teste de independência do Qui-Quadrado e o coeficiente de correlação V de Cramer. Adicionalmente, o Formulário Mínimo Padrão (FMP), questionário respondido por integrantes do processo para verificar a percepção local de impactos da seca, foi analisado quanto à correspondência com a tabela de impactos do MSB. Através dos testes estatísticos aplicados, observou-se a existência de associação entre precipitações mensais, trimestrais e semestrais e as categorias do MSB, por meio da rejeição da hipótese nula de independência com valor- p de $2,5 \times 10^{-5}$, $2,3 \times 10^{-10}$ e $8,7 \times 10^{-15}$, respectivamente. Contudo, os resultados do coeficiente V foram valores próximos de zero (0,21, 0,28 e 0,32, nessa ordem), indicando fraca associação entre as classificações estudadas. Resultados semelhantes foram encontrados para anomalias de precipitação mensal, trimestral e semestral, com valor- p de $6,7 \times 10^{-5}$, $1,3 \times 10^{-5}$ e $8,3 \times 10^{-15}$, respectivamente. Nesse caso, o coeficiente de Cramer assumiu os valores de 0,20, 0,21 e 0,32. O NDVI foi a variável climática com melhores resultados, ao rejeitar a hipótese nula com valor- p de $7,8 \times 10^{-133}$ e coeficiente V de Cramer igual a 0,52. Assim, pode-se afirmar que, para o estado de Sergipe, o NDVI possui maior associação com as categorias do Monitor do que as demais variáveis. Como a melhoria do entendimento comum da situação da seca é um dos objetivos do MSB, também foi analisada a existência de correlação entre decretações da Defesa Civil Estadual com impactos de curto e longo prazos do Monitor. Nesse caso, o teste do Qui-Quadrado resultou em valor- p de 0,09 e coeficiente de Cramer igual a 0,12, sugerindo que não há associação entre os mapas do MSB e decretações de emergência. Por fim, o principal problema identificado na análise dos formulários foi a existência de subjetividade nas perguntas

e respostas. Por isso, foi proposta uma reformulação do FMP, de modo a torná-lo mais claro e objetivo. De modo geral, pode-se afirmar que o Monitor tem representado o estado de Sergipe com baixa eficiência, necessitando de ajustes e melhorias, devido à sua crescente importância como ferramenta de suporte à decisão.

Palavras-chave: Monitoramento. Gestão de Secas. Políticas Públicas.

ABSTRACT

Drought is a recurring natural phenomenon in several regions around the world and causes serious effects on the environment and the population. Historically, governments of affected locations usually adopt emergency measures to fight the impacts of the drought. In the last decades, drought preparedness programs were developed in many countries, like United States, Portugal and Mexico. In Brazil, the implementation of the Brazilian Drought Monitor (MSB) shows the beginning of a transition from crisis management to risk management. This tool consists of a drought monitoring based on multiple indices and observed data, through a participatory process between federal and state institutions. Due to the importance of consolidating the Monitor as a means to support the decision for public policies, this research aimed to evaluate the performance of MSB regarding the identification of droughts in the State of Sergipe. State climate data and emergency decrees were used for association analysis with the Monitor classification of drought, through the application of statistical tools: Chi-Square independence test and Cramer's V coefficient. In addition, the Minimum Standard Form (FMP), a questionnaire answered by members of the process to verify the local perception of impacts of drought, was analyzed to check the correspondence with the MSB impacts table. Through the statistical tests applied, an association between monthly, quarterly and half-yearly rainfall and the MSB categories was observed, since the null hypothesis of independence was rejected, with a p-value of $2,5 \times 10^{-5}$, $2,3 \times 10^{-10}$ e $8,7 \times 10^{-15}$, respectively. However, the results of Cramer's V coefficient were close to zero (0,21, 0,28 and 0,32, in this order), indicating a weak association between the studied classifications. Similar results were found for monthly, quarterly and half-yearly precipitation anomalies, with p-values of $6,7 \times 10^{-5}$, $1,3 \times 10^{-5}$ e $8,3 \times 10^{-15}$, respectively. In this case, Cramer's V values were 0,20, 0,21 and 0,32. NDVI was the climatic variable with the best results, rejecting the null hypothesis with p-value of $7,8 \times 10^{-133}$ and Cramer's V coefficient of 0,52. Therefore, it can be stated that, for the state of Sergipe, NDVI has a higher association with the Monitor categories than the other variables. Since the promotion of a common understanding of the drought situation between the federal and state institutions is one of the MSB's objectives, this work also analyzed the existence of a correlation between Civil Defense emergency decrees with short and long-term impacts of the Monitor. In this case, the Chi-Square test resulted in p-value of 0,09 and Cramer's V was equal to 0,12, suggesting that there is no association between the MSB maps and emergency decrees. Finally, the main problem identified through the analysis of the forms was the subjectivity in its questions and answers. Thereby, a reformulation of the FMP was proposed, in order to make it

more objective. In general, it can be concluded that the Monitor has represented the state of Sergipe with low efficiency, requiring adjustments and improvements, due to its growing importance as a decision support tool.

Keywords: Monitoring. Drought Management. Public Policy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de seca e seus impactos.	5
Figura 2 - Frequência mensal de estiagem e seca no estado de Sergipe, no período de 1991 a 2012...	11
Figura 3 - Climatologia: precipitações médias mensais, evapotranspiração real (ETR) e potencial (ETP) em Aracaju.....	11
Figura 4 - Ciclo de gestão de desastres.	14
Figura 5 - Arranjo operacional do Monitor de Secas.	20
Figura 6 - Calendário mensal do Monitor de Secas (2019).....	21
Figura 7 - Indicadores de Seca para o mês de Fevereiro de 2019. (a) SPI - 4 meses; (b) SPEI - 4 meses; (c) SRI - 4 meses.	28
Figura 8 - Produto combinado com os indicadores de curto prazo de fevereiro de 2019.	31
Figura 9 - Monitor de Secas - mapa de fevereiro de 2019.	33
Figura 10 - U.S. Drought Monitor: 06 a 12 de junho de 2012.	37
Figura 11 - Estado da Geórgia, mapa de 22 a 28 de maio de 2019.	38
Figura 12 - Cronograma físico-financeiro: Sergipe.	43
Figura 13 - Territórios sergipanos.	44
Figura 14 - Mapa de divisão climática de Sergipe.	45
Figura 15 - Mapa de precipitação total anual média em Sergipe (mm).	46
Figura 16 - Mapa de temperatura média anual (°C) em Sergipe (mm).	46
Figura 17 - Mapa de Bacias Hidrográficas de Sergipe.....	47
Figura 18 - Esquema da metodologia proposta.	49
Figura 19 - Monitor de Secas do mês de novembro de 2018 para o estado de Sergipe.	51
Figura 20 - Localização dos postos pluviométricos.	53
Figura 21 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs precipitações mensais.	66
Figura 22 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs precipitações trimestrais.	67
Figura 23 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs precipitações semestrais.	67
Figura 24 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs anomalias mensais.	68
Figura 25 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs anomalias trimestrais.	69
Figura 26 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs anomalias semestrais.	70
Figura 27 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs NDVI.	79
Figura 28 - Gráfico de frequências relativas - decretações vs tipos de impacto.....	82
Figura 29 - Mapa do MSB para o mês de janeiro de 2019.....	84
Figura 30 - Decretações de seca e estiagem em janeiro de 2019.	84
Figura 31 - Monitor de secas para Sergipe (julho de 2018).	105
Figura 32 - Monitor de secas para Sergipe (agosto de 2018).	105
Figura 47 - NDVI para o mês de julho de 2018.	106

Figura 48 - NDVI para o mês de agosto de 2018.....	106
Figura 63 - Decretações de seca e estiagem (julho de 2018).	107
Figura 64 - Decretações de seca e estiagem (agosto de 2018).	107
Figura 79 - Exemplo de Formulário de Validação do R1.	130

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Períodos históricos e destaques relacionados aos recursos hídricos do Nordeste.....	8
Quadro 2 - Níveis de intervenção e alerta para secas em Portugal.	40
Quadro 3 - Regra para interpretação do coeficiente V de Cramer.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de SPI e categorias de seca.	24
Tabela 2 - Classificação de severidade da seca.	33
Tabela 3 - Tabela de contingência $r \times c$	55
Tabela 4 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs precipitações mensais.	63
Tabela 5 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs precipitações trimestrais.	63
Tabela 6 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs precipitações semestrais.	64
Tabela 7 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs anomalias mensais.	64
Tabela 8 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs anomalias trimestrais.	65
Tabela 9 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs anomalias semestrais.	65
Tabela 10 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs precipitações mensais. .	71
Tabela 11 - Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs precipitações mensais.	71
Tabela 12 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs precipitações trimestrais.	72
Tabela 13 - Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs precipitações trimestrais.	72
Tabela 14 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs precipitações semestrais.	73
Tabela 15- Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs precipitações semestrais.	73
Tabela 16 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs anomalias mensais.	74
Tabela 17 - Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs anomalias mensais.	74
Tabela 18 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs anomalias trimestrais. ..	75
Tabela 19 - Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs anomalias trimestrais.	75
Tabela 20 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs anomalias semestrais. ..	75
Tabela 21 - Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs anomalias semestrais.	76
Tabela 22 - Teste do Qui-Quadrado e coeficiente V de Cramer - categorias do MSB vs variáveis climáticas.	76
Tabela 23 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs NDVI.	78
Tabela 24 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs NDVI.	79
Tabela 25 - Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs NDVI.	80
Tabela 26 - Teste do Qui-Quadrado e coeficiente V de Cramer - categorias do MSB vs NDVI.	80
Tabela 27 - Valor-p e coeficiente V de Cramer para todos os casos estudados.	80
Tabela 28 - Tabela de contingência para decretações vs tipos de impacto.	82
Tabela 29 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - decretações vs tipos de impacto.	82
Tabela 30 - Valores de χ^2 por célula - decretações vs tipos de impacto.	83
Tabela 31 - Teste do Qui-Quadrado e coeficiente V de Cramer - decretações vs tipos de impacto.	83

Tabela 32 - Tabela de contingência para decretações vs tipos de impacto (julho de 2018 a outubro de 2019).....	85
Tabela 33 - Valores esperados (E_{ij}) - decretações vs tipos de impacto (julho de 2018 a outubro de 2019).....	85
Tabela 34 - Valores de χ^2 por célula - decretações vs tipos de impacto (julho de 2018 a outubro de 2019).....	85
Tabela 35 - Teste do Qui-Quadrado e coeficiente V de Cramer - decretações vs tipos de impacto (julho de 2018 a outubro de 2019).	86
Tabela 36 - Categorias do MSB e precipitações mensais (julho de 2018).....	108
Tabela 37 - Categorias do MSB e precipitações mensais (agosto de 2018).....	109
Tabela 52 - Categorias do MSB e precipitações trimestrais (julho de 2018).....	110
Tabela 53 - Categorias do MSB e precipitações trimestrais (agosto de 2018).....	111
Tabela 68 - Categorias do MSB e precipitações semestrais (julho de 2018).....	112
Tabela 69 - Categorias do MSB e precipitações semestrais (agosto de 2018).....	113
Tabela 84 - Categorias do MSB e anomalias mensais (julho de 2018).....	114
Tabela 85 - Categorias do MSB e anomalias mensais (agosto de 2018).....	115
Tabela 100 - Categorias do MSB e anomalias trimestrais (julho de 2018).....	116
Tabela 101 - Categorias do MSB e anomalias trimestrais (agosto de 2018).....	117
Tabela 116 - Categorias do MSB e anomalias semestrais (julho de 2018).....	118
Tabela 117 - Categorias do MSB e anomalias semestrais (agosto de 2018).....	119
Tabela 132 - Categorias do MSB e NDVI (julho de 2018).....	120
Tabela 133 - Categorias do MSB E NDVI (agosto de 2018).....	121
Tabela 148 - Decretações de emergência e impactos do MSB (julho de 2018).....	124
Tabela 149 - Decretações de emergência e impactos do MSB (agosto de 2018).....	124

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADENE	Agência de Desenvolvimento do Nordeste
ANA	Agência Nacional de Águas
APA	<i>American Planning Association</i>
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
ASA	Associação Semiárido Brasileiro
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CONAGUA	<i>Comisión Nacional del Agua</i>
CPC	<i>Climate Prediction Center</i>
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CVSF	Comissão do Vale do São Francisco
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNOCS	Departamento Nacional de Obras contra as Secas
EMDAGRO	Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe
ENOS	El Niño - Oscilação Sul
ETP	Evapotranspiração Potencial
FMP	Formulário Mínimo Padrão
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
GTDN	Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste
IC	Instituição Central
IC _f	Intervalo de Confiança
IFOCs	Inspetoria Federal de Obras contra as Secas
IFS	Instituto Federal de Sergipe
IMA	Índice Municipal de Alerta (Ceará)
INEMA	Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Bahia)
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IOCS	Inspetoria de Obras contra as Secas
MDE	Modelo Digital de Elevação
MI	Ministério da Integração Nacional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MSB	Monitor de Secas do Brasil
MSNE	Monitor de Secas do Nordeste
NDMC	<i>National Drought Mitigation Center</i>

NDPR	<i>National Drought Resilience Partnership</i>
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NEB	Nordeste do Brasil
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
PAD	Programa Água Doce
PAPP	Programa de Apoio ao Produtor Rural
PDSI	<i>Palmer Drought Severity Index</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PMPMS	<i>Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía</i>
PNSH	Plano Nacional de Segurança Hídrica
POLONORDESTE	Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste
PRONACOSE	<i>Programa Nacional Contra la Sequía (México)</i>
PSH	Programa de Segurança Hídrica
SERHMA	Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
SISDAGRO	Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária
SPEI	<i>Standardized Precipitation Evapotranspiration Index</i>
SPI	<i>Standardized Precipitation Index</i>
SRI	<i>Standardized Runoff Index</i>
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UFS	Universidade Federal de Sergipe
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
USDM	<i>United States Drought Monitor</i>
VHI	<i>Vegetation Health Index</i>
ZCIT	Zona de Convergência Inter-Tropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos.....	3
1.1.1	Objetivo Geral	3
1.1.2	Objetivos Específicos	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1	Definições de seca	4
2.2	Secas no Nordeste do Brasil (NEB).....	6
2.2.1	Políticas públicas de convivência e combate aos efeitos da seca.....	7
2.2.2	Secas em Sergipe.....	10
2.3	Gestão de secas.....	12
2.4	O Monitor de Secas do Brasil.....	16
2.4.1	Conceitos e definições importantes	17
2.4.2	Instituições envolvidas	18
2.4.3	Etapas da elaboração	19
2.4.4	Indicadores de seca e produtos de apoio	22
2.4.5	Leitura e descrição do Monitor	32
2.5	Experiências em gestão de seca	35
2.5.1	Estados Unidos	35
2.5.2	México.....	39
2.5.3	Portugal	40
2.5.4	Ceará, Brasil	41
2.5.5	Plano Nacional de Segurança Hídrica, Brasil	42
3	ÁREA DE ESTUDO.....	44
3.1	Características climáticas de Sergipe	45
3.2	Recursos Hídricos de Sergipe.....	47
4	METODOLOGIA	49
4.1	Obtenção e preparação dos dados	50
4.1.1	Categorias e impactos do MSB	50
4.1.2	NDVI.....	51
4.1.3	Precipitação e anomalias	52
4.1.4	Formulários Mínimo Padrão e Decretações da Defesa Civil	54

4.2	Associação entre dados climáticos e categorias do MSB	54
4.2.1	Tabelas de contingência	54
4.2.2	Teste de independência do Qui-Quadrado	57
4.2.3	Coeficiente <i>V</i> de Cramer	59
4.3	Associação entre decretações de seca e estiagem e impactos do MSB.....	60
4.4	Formulário Mínimo Padrão e observação de impactos	61
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
5.1	Associação entre os dados climáticos e categorias do MSB.....	62
5.1.1	Tabelas de contingência	63
5.1.2	Teste de independência do Qui-Quadrado e coeficiente <i>V</i> de Cramer.....	70
5.2	Associação entre NDVI e categorias do Monitor.....	77
5.3	Associação entre decretações de seca e estiagem e impactos do MSB.....	81
5.4	Análise dos FMPs e proposta de reformulação	87
6	CONCLUSÃO	89
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	92
	REFERÊNCIAS	93
	APÊNDICE A - ENTREVISTA.....	101
	APÊNDICE B - CATEGORIAS E IMPACTOS DO MONITOR	105
	APÊNDICE C - NDVI: MAPAS E VALORES MÉDIOS.....	106
	APÊNDICE D - DECRETAÇÕES DE SECA E ESTIAGEM	107
	APÊNDICE E - CATEGORIAS DO MSB E PRECIPITAÇÕES MENSAIS.....	108
	APÊNDICE F - CATEGORIAS DO MSB E PRECIPITAÇÕES TRIMESTRAIS	110
	APÊNDICE G - CATEGORIAS DO MSB E PRECIPITAÇÕES SEMESTRAIS.....	112
	APÊNDICE H - CATEGORIAS DO MSB E ANOMALIAS MENSAIS	114
	APÊNDICE I - CATEGORIAS DO MSB E ANOMALIAS TRIMESTRAIS	116
	APÊNDICE J - CATEGORIAS DO MSB E ANOMALIAS SEMESTRAIS	118
	APÊNDICE K - CATEGORIAS DO MSB E NDVI	120
	APÊNDICE L - DECRETAÇÕES E IMPACTOS.....	124
	APÊNDICE M - PROPOSTA DE REFORMULAÇÃO DO FMP	125
	ANEXO A - FORMULÁRIO MÍNIMO PADRÃO	128
	ANEXO B - FORMULÁRIO DE VALIDAÇÃO	130

1 INTRODUÇÃO

A seca é um fenômeno complexo, podendo ser causada por múltiplos mecanismos ou fatores contribuintes, a exemplo de déficits de precipitação e aumentos de temperatura e evapotranspiração (HAO et al., 2018; KIEM et al., 2016). Uma das maiores dificuldades no estudo da seca decorre da falta de uma definição específica e mundialmente reconhecida. Visto que existem inúmeras definições, a existência da seca e seu grau de severidade devem ser determinados por região, considerando-se características climáticas e os impactos resultantes do período seco (WMO, 2006).

Em comparação a outros desastres naturais, a seca apresenta-se como um dos mais dispendiosos, uma vez que afeta diferentes setores da sociedade (SVOBODA; FUCHS, 2017). Estima-se que os eventos de 2011 a 2018 nos Estados Unidos custaram, em média, 9,7 bilhões de dólares anuais (NOAA, 2019). Além dos efeitos econômicos, secas atingem grandes áreas e podem persistir por vários anos, causando impactos sociais de grande magnitude, como fome, sede e doenças. No Brasil, de 2013 a 2016, 48 milhões de pessoas foram flageladas por seca e estiagem, 83% das quais residem no Nordeste (ANA, 2017).

Historicamente, regiões com episódios de seca recorrentes costumam combatê-la através de medidas emergenciais, buscando alívio para a população por meio do fornecimento de água, alimento e ração para o gado. Além disso, em períodos secos é comum o desenvolvimento de projetos de infraestrutura hídrica, com o objetivo de aumentar a disponibilidade de água. Contudo, esse tipo de ações, característico de gestão de crise, apenas ameniza os efeitos já consolidados da seca, não contribuindo para o aumento de resiliência da população visando a ocorrências futuras.

A fim de reduzir a vulnerabilidade da sociedade, deve ser dada ênfase às medidas da gestão de riscos, atentando-se para atividades e elementos anteriores ao desastre, dos quais fazem parte: sistemas de monitoramento e alerta precoce, através do uso de indicadores e índices apropriados e do desenvolvimento de ferramentas de suporte à decisão; avaliação de riscos e impactos, com estudos de vulnerabilidade; medidas de mitigação e resposta para aumentar a resiliência (WILHITE, 2011).

Nesse contexto, diversos países têm buscado melhorias para o gerenciamento de secas, de modo a fazer a transição da gestão de crises para a gestão de riscos. Assim, vêm sendo desenvolvidos programas de combate à seca, que englobam planos de seca, redes de monitoramento, sistemas de alerta e estratégias de comunicação e resposta. No geral, são

determinadas as ações a serem tomadas antes, durante e depois da seca, servindo como uma ferramenta de suporte à decisão (FONTAINE et al., 2014).

O Brasil, marcado por um longo histórico de medidas emergenciais, tem somado esforços estaduais e federais para melhorar a política de secas no país. Em 2014, entrou em operação no país o Monitor de Secas (MSB), ferramenta de monitoramento baseada no Monitor de Secas dos Estados Unidos (USDM, *United States Drought Monitor*), envolvendo a Agência Nacional de Águas (ANA) e outras instituições federais e estaduais, com objetivo de apresentar uma definição comum acerca da intensidade atual da seca no Nordeste e promover um consenso entre a União e os estados para a aplicação de políticas públicas (ANA, 2019a).

O MSB consiste em um mapa liberado mensalmente com informações sobre a categoria de seca e os tipos de impacto existentes espacialmente no território representado. Um dos maiores diferenciais do Monitor em relação a outros produtos de monitoramento é a chamada fase de validação, em que o mapa é enviado aos estados participantes para confirmar ou refutar, com base em dados e na vivência da realidade local, as definições de seca apresentadas. Assim, o processo de criação do Monitor torna-se participativo.

Outra peculiaridade do MSB é possuir como premissa a representação da seca por meio de uma visão macro, ou seja, é realizada uma análise por regiões climáticas e não por município (BANCO MUNDIAL, 2015). Como consequência, encontram-se dificuldades na etapa de verificação em Sergipe, menor estado do Nordeste, podendo resultar em discordância entre a informação disposta no mapa e a visão da instituição validadora estadual. Além disso, os índices de seca utilizados como fonte de dados para Sergipe baseiam-se em apenas três estações de monitoramento no estado, nenhuma delas no Semiárido.

No estado de Sergipe, entre os anos 2016 e 2017, 29 municípios (38,7% do total) decretaram estado de emergência em decorrência de seca ou estiagem, com impactos, sobretudo, na produção agrícola e no abastecimento de água para a população (ROCHA, 2017). Em 2018, foram 14 decretações. Em 2019, 25 municípios declararam situação de emergência por seca e um por estiagem, dentre eles os 7 municípios do Alto Sertão (SERGIPE, 2020).

Diante da importância do Monitor como instrumento de suporte à aplicação de políticas públicas, esta pesquisa tem como objetivo analisar a veracidade das definições de seca constantes nos mapas do MSB para o estado de Sergipe, por meio da comparação entre as categorias de severidade e tipos de impacto indicados nos mapas e os dados climáticos e socioeconômicos locais.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a eficiência do Monitor de Secas do Brasil quanto às definições de seca para o estado de Sergipe.

1.1.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos do trabalho:

- Identificar se há associação entre os mapas do Monitor de Secas e as variáveis climáticas do estado de Sergipe;
- Comparar os mapas do Monitor de Secas às decretações de situação de emergência no estado de Sergipe;
- Analisar a contribuição dos Formulários Mínimo Padrão (FMP) na validação do Monitor de Secas em Sergipe.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definições de seca

A seca é um risco natural resultante de um déficit da precipitação em relação à normal climatológica, sendo insuficiente para atender às demandas das atividades humanas e do meio ambiente (WILHITE, 2005). Embora períodos secos, em geral, tenham início com a insuficiência ou irregularidade das precipitações, há uma sequência de acontecimentos que faz com que dois eventos de seca sejam diferentes em intensidade, duração e área afetada (WILHITE et al., 2014).

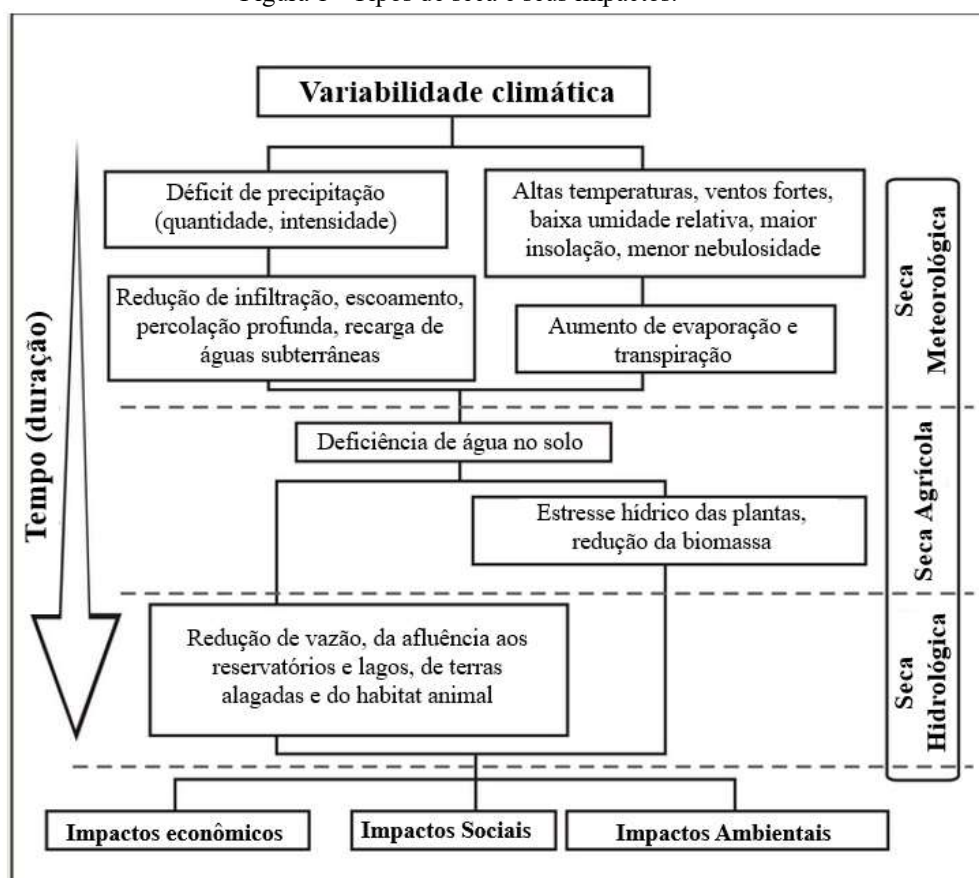
A definição de seca está relacionada à perspectiva do observador (MI, 1994). Por exemplo, para agricultores, a seca pode ser percebida através da ausência de chuva e redução da umidade do solo, enquanto companhias de abastecimento observam mais atentamente os níveis dos reservatórios. Uma vez que as regiões áridas e semiáridas do mundo diferem em características físicas, climáticas e socioeconômicas, não há um conceito universal para a seca (CIRILO, 2011).

No Brasil, a Defesa Civil faz distinção entre os termos seca e estiagem. A estiagem está relacionada à redução ou ausência da precipitação em determinado período, ou ainda ao atraso do período chuvoso, levando à perda da umidade do solo. Já a seca refere-se a um período de estiagem prolongada, com consequente redução das reservas de água e problemas socioeconômicos (CASTRO et al., 2003).

É importante, também, diferenciar seca de aridez, escassez e desertificação. A aridez está relacionada à condição climática permanentemente seca de uma região, caracterizada por baixa umidade, alta radiação solar e amplas alterações de temperatura. A escassez ocorre quando a demanda de água supera a disponibilidade em determinada localidade. Já a desertificação está associada a alterações de longo prazo no meio ambiente, geralmente provocadas por mudanças climáticas e ações antrópicas, a exemplo de perda da capacidade do solo e retirada de mata ciliar. Por fim, a seca é um fenômeno natural e temporário, com início a partir de déficits de precipitação (MAGALHÃES, 2016; FREITAS, 2008).

A Figura 1 apresenta o processo de evolução da seca e sua classificação em três categorias. Essa divisão tem origem no trabalho de Wilhite e Glantz (1985) e é adotada pelo Centro Nacional de Mitigação da Seca (NDMC, *National Drought Mitigation Center*) dos Estados Unidos. A partir da revisão de mais de 150 publicações, esses autores definiram quatro abordagens básicas para a seca: meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica.

Figura 1 - Tipos de seca e seus impactos.



Fonte: Adaptado de NDMC (2018).

As três primeiras tratam a seca como um fenômeno físico, já a última lida com os efeitos da seca em termos de oferta e demanda.

O NDMC (2018) aborda os tipos de seca do seguinte modo:

- **Seca meteorológica:** para caracterizar esse tipo de seca, comparam-se valores de precipitação com a média (normal climatológica). Por isso, a seca meteorológica deve ser determinada com base em especificidades regionais;
- **Seca agrícola:** está voltada aos impactos agrícolas e à suscetibilidade das culturas à deficiência na umidade do solo, provocando um estresse hídrico para a vegetação;
- **Seca hidrológica:** está associada aos efeitos de baixas precipitações no abastecimento superficial ou subsuperficial. A seca hidrológica é percebida, principalmente, ao afetar os sistemas de armazenamento;
- **Seca socioeconômica:** ocorre quando a demanda por um bem excede a oferta, sendo consequência de um déficit no abastecimento de água. Desse modo, essa modalidade está relacionada aos demais tipos de seca e suas consequências socioeconômicas.

Cirilo (2015) exemplifica a diferença entre os tipos de seca com o evento de 1979 a 1983 ocorrido no Brasil. Nos dois primeiros anos, houve déficit de chuva nos meses correspondentes ao período chuvoso, caracterizando, assim, uma seca meteorológica. Já em 1981, os totais de chuva foram um pouco acima da média histórica. Contudo, a má distribuição temporal levou a uma seca agrícola. Em 1982, apesar das baixas precipitações, a época de chuva coincidiu com o período propício para germinação das plantas, não havendo, assim, seca agrícola.

Assim como a definição do estado de seca, sua severidade é de difícil determinação, pois depende não somente da duração, intensidade e extensão espacial do evento, mas também da demanda hídrica local. Desse modo, os impactos gerados estão vinculados à vulnerabilidade da sociedade e do meio ambiente em determinado período específico. Como destacam Wilhite e Glantz (1985), secas subsequentes na mesma região provavelmente terão efeitos distintos e cumulativos, ainda que a intensidade e a duração sejam as mesmas.

Para que seja desenvolvido um adequado planejamento para preparação e mitigação de impactos da seca, é primordial haver uma definição do estado de seca baseada na realidade climática e socioeconômica do local em questão. Desse modo, as políticas públicas podem ser planejadas e aplicadas de maneira mais objetiva e eficaz.

Neste trabalho, as decretações de seca e estiagem pela Defesa Civil do estado de Sergipe serão utilizadas para comparação com as secas de curto e longo prazos indicadas pelo Monitor de Secas, a fim de verificar a existência de concordância em relação aos impactos da seca pelas esferas federal e estadual.

A seção a seguir discorre sobre as secas no Nordeste do Brasil, região marcada pela frequente incidência do fenômeno e em cujo território se encontra o estado de Sergipe, objeto de estudo deste trabalho.

2.2 Secas no Nordeste do Brasil (NEB)

Eventos de seca podem acontecer em qualquer parte do Brasil, a exemplo dos ocorridos em São Paulo em 2014-2015, na Amazônia em 2005 e no Rio Grande do Sul em 2004-2005. Contudo, é a região Nordeste que se destaca pela alta frequência de períodos secos, cuja intensidade e impactos são acentuados devido às características locais e à vulnerabilidade da população. Destaca-se que não apenas o Semiárido é afetado, mas também o Agreste e o Litoral, uma vez que a maioria dos rios que chegam ao litoral nordestino se originam no Sertão (MAGALHÃES, 2016, ALBUQUERQUE, 2010). Desse modo, neste texto os termos “secas no Nordeste” e “secas no Semiárido” são tratados como sinônimos.

Segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2016), a escassez hídrica do Nordeste não é causada pela falta de chuva, visto que a precipitação média histórica na região é de 800 mm/ano, valor relativamente alto (MAGALHÃES, 2016; ALBUQUERQUE; RÊGO, 2011). Entretanto, as precipitações concentram-se em poucos meses do ano, além de ter alta variação espacial: 600 mm/ano na parte central, 1.800 mm/ano na parte amazônica do Maranhão e entre 1.200 e 1.500 mm/ano no litoral (NOBRE, 2012).

Albuquerque e Rêgo (2011) afirmam que o Semiárido Brasileiro é resultado da combinação de fatores climáticos e geológicos. As chuvas irregulares estão associadas a altas taxas de evaporação, de cerca de 2.000 mm/ano, e à geologia contrária à formação de aquíferos. Nos terrenos cristalinos, predominantes no Semiárido, as vazões fluviais dependem principal ou exclusivamente do escoamento superficial direto e, portanto, das chuvas. Por isso, muitos rios da região são intermitentes.

Por sua vez, as precipitações no Nordeste estão associadas a fenômenos climáticos globais, como a Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCIT), o El-Niño Oscilação Sul (ENOS) e a Temperatura da Superfície do Mar (TSM). Consequentemente, tais eventos também estão relacionados a períodos de seca (VOGT et al., 2018; NOBRE, 2012).

A ZCIT, principal causa de chuvas no norte do Nordeste, consiste no encontro dos ventos alísios do Atlântico Sul e do Atlântico Norte, provocando a formação de nuvens. Em condições normais, a ZCIT movimenta-se para sua posição mais ao norte no período de agosto a setembro e, para sua posição mais ao sul, de março a abril. Quando há a ocorrência de El Niño, ou seja, situação em que há aumento da temperatura da superfície do Pacífico na costa ocidental da América do Sul, um ramo descendente de ar quente sobre o Leste da Amazônia e Norte do Nordeste inibe a formação de nuvens, dando origem a um período seco (CGEE, 2016; FREITAS, 2008).

É importante destacar que nem toda seca é consequência do aquecimento das águas do Pacífico. Contudo, geralmente o ENOS coincide com eventos de seca, a exemplo das ocorrências de 1877, 1919, 1957, 1982 e 1997, anos com El Niño forte em que houve períodos de seca no Nordeste (CPTEC, 2019; RIBEIRO, 2007).

Na seção a seguir, são apresentadas as principais medidas adotadas para o enfrentamento das secas no Brasil, especialmente no Nordeste.

2.2.1 Políticas públicas de convivência e combate aos efeitos da seca

As políticas públicas de combate e enfrentamento das secas no Brasil sofreram alterações significativas desde os primeiros eventos até os dias atuais. Contudo, as medidas

historicamente adotadas apresentam em comum o caráter emergencial, ou seja, a tentativa de amenizar as consequências de uma seca já consolidada.

Na literatura, as ações governamentais de gestão de recursos hídricos costumam estar agrupadas em fases com políticas públicas semelhantes, descritas brevemente a seguir.

Os primeiros relatos de seca no Brasil, entre os séculos XVI e XVII, representam o período em que a população e o governo tomaram conhecimento do problema. Com a ocupação do Sertão na primeira metade do século XVII, o número de registros de seca aumentou. Contudo, somente após o evento de 1877-1879 houve a aceitação da seca como um problema nacional, o que proporcionou uma mudança de perspectiva da sociedade e dos governantes (CAMPOS, 2014).

A construção dos primeiros açudes no país deu início à etapa marcada pelas soluções hidráulicas para reduzir as vulnerabilidades hidrológicas locais. A fase seguinte é conhecida pelo desenvolvimento socioeconômico regional, momento em que houve urbanização, migração de grandes contingentes e a continuidade das obras hidráulicas. Mais recentemente, tem-se o período tipificado pelos programas sociais implantados pelo governo, a exemplo do “Bolsa Família” e do “Garantia Safra”. Além deles, destacam-se também iniciativas de organizações não governamentais (ONGs) e instituições privadas, como o projeto “um milhão de cisternas” da Associação Semiárido Brasileiro (ASA) (GUTIÉRREZ et al., 2014; CAMPOS, 2014; ALBUQUERQUE; RÊGO, 2011).

O Quadro 1 apresenta alguns dos principais acontecimentos relacionados aos recursos hídricos e às secas no Nordeste desde o início da colonização brasileira até o século XXI, separados por períodos com características similares.

Quadro 1 - Períodos históricos e destaques relacionados aos recursos hídricos do Nordeste.

Período	Características do período	Fatos relevantes
1500 a 1700	Atividades econômicas se concentravam na região litorânea, mais úmida.	<ul style="list-style-type: none"> • Primeiro registro de seca no Nordeste, relatada por Fernão Cardim, em 1583.
1701 a 1850	Aumento da ocupação pelos europeus e crescimento dos rebanhos; visão assistencialista da questão das secas.	<ul style="list-style-type: none"> • Registro das secas passou a ter maior importância; Muitas vezes, não era registrada a ausência de chuvas, mas os saques promovidos por indígenas.
1851 a 1900	Visão tecnicista sobre as secas e início da implementação de obras de infraestrutura hídrica, principalmente a açudagem.	<ul style="list-style-type: none"> • Criação da Comissão Científica Exploradora (1856); • Primeira proposição de integração do rio São Francisco com o rio Jaguaribe; • Proposição, por uma comissão técnica, da construção de 30 açudes no Ceará (1877); • Início da construção do primeiro açude do país, o Cedro I, no Ceará (1884).
1901 a 1930	Visão ainda tecnicista, influenciada pelas discussões políticas sobre as obras de infraestrutura hídrica e estudos técnicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Criação das seguintes comissões: de Açudes e Irrigação; de Estudos e Obras contra os Efeitos das Secas; de Perfuração de Poços (1904);

Período	Características do período	Fatos relevantes
1901 a 1930	Visão ainda tecnicista, influenciada pelas discussões políticas sobre as obras de infraestrutura hídrica e estudos técnicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas - IOCS (1909); • Instalação de postos pluviométricos (1911); • Desenvolvimento de estudos cartográficos com produção de mapas de diversos estados (1915); • IOCS passa a chamar-se Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas - IFOCS (1919).
1931 a 1970	Início da visão de gestão por bacia e por sistemas hídricos e visão desenvolvimentista.	<ul style="list-style-type: none"> • Reforma do IFOCS, com distinção de quatro bacias hidrográficas nordestinas - Acaraú e Jaguaribe, no Ceará; Alto Piranhas, na Paraíba; e Baixo Açu, no Rio Grande do Norte (1931); • Edição do Código de Águas (1934); • Criação do Polígono das Secas (1936) pela lei nº 175 de 1936; • Transformação da IFOCS em Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (1945); • Criação da Companhia Hidrelétrica do Vale do São Francisco - CHESF (1945); • Revisão da delimitação do Polígono das Secas pelo Decreto Lei nº 9.857 de 1946; • Criação da Comissão do Vale do São Francisco - CVSF (1948); • Criação do Banco do Nordeste do Brasil - BNB (1952); Criação do Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste - GTDN (1956); • Criação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE (1958); • Criação das Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRAS (1961); • Transformação da Divisão de Águas em Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE (1965).
1971 a 1990	Criação de programas e projetos para o fortalecimento estrutural da região.	<ul style="list-style-type: none"> • Criação do Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste - POLONORDESTE; • Ênfase em hidrelétricas e abastecimento de água; • Criação do Projeto Sertanejo (1976); • Criação do Programa de Apoio ao Pequeno Produtor Rural - PAPP (1985); • Criação dos Planos Nacional e Regional de Irrigação (1986); • Aumento de investimento em irrigação; • Constituição de 1988 institui o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
1991 a 2000	Busca pelo desenvolvimento sustentável e organização do setor de gerenciamento de recursos hídricos.	<ul style="list-style-type: none"> • Legislação de recursos hídricos (pioneirismo de São Paulo, com a Lei nº 7.663 de 1991, e Ceará, com a Lei nº 11.996 de 1992); • Criação do Projeto Áridas (1994); • Instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos e Criação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - SINGREH (Lei 9.433 de 1997 ou Lei das Águas); • Criação do Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos - PROÁGUA Nacional e Semiárido (1998); • Criação da Agência Nacional de Águas (ANA) (Lei nº 9.984 de 2000).

Período	Características do período	Fatos relevantes
1991 a 2000	Busca pelo desenvolvimento sustentável e organização do setor de gerenciamento de recursos hídricos.	<ul style="list-style-type: none"> • Legislação de recursos hídricos (pioneirismo de São Paulo, com a Lei nº 7.663 de 1991, e Ceará, com a Lei nº 11.996 de 1992); • Criação do Projeto Áridas (1994); • Instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos e Criação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - SINGREH (Lei 9.433 de 1997 ou Lei das Águas); • Criação do Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos - PROÁGUA Nacional e Semiárido (1998); • Criação da Agência Nacional de Águas (ANA) (Lei nº 9.984 de 2000).
2001 a 2019	Coordenação institucional para promover a gestão de riscos.	<ul style="list-style-type: none"> • Criação da Agência de Desenvolvimento do Nordeste - ADENE (2001), antiga SUDENE; • Nova delimitação do Semiárido Brasileiro pelo Ministério da Integração Nacional (2005); • ADENE volta a ser SUDENE, vinculada ao Ministério de Desenvolvimento Regional (2007); • Criação do Monitor de Secas do Nordeste (2014/2015); • Inauguração do Eixo Leste do Projeto de Integração do rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional (2017).

Fonte: Adaptado de Viana et al. (2012), ANA (2019a), MI (2019) Gutiérrez et al. (2014), Campos (2014), Albuquerque e Rêgo (2011) e Villa (2000).

Apesar de décadas de investimento em infraestrutura e obras hidráulicas, que foram de grande importância para redução de impactos e crescimento econômico no Nordeste, considerável vulnerabilidade da população ainda persiste (MAGALHÃES; MARTINS, 2011). Adicionalmente, projeções para o futuro indicam que, com incremento de 4°C na temperatura global, a intensidade das secas no Brasil pode crescer em 20%, com provável aumento da frequência e duração dos períodos secos (MAGALHÃES, 2016; WORLD BANK, 2014).

Políticas sociais visando a garantia alimentar têm contribuído para o aumento da resiliência da população (SOUZA FILHO et al., 2016). Ainda assim, faz-se necessário o desenvolvimento de planos de preparação para a seca, tendo como pilares o monitoramento e o alerta precoce. Nesse sentido, destaca-se o papel do Monitor de Secas, que, a partir de novembro de 2018 passou a incorporar o estado de Minas Gerais, em abril de 2019, o Espírito Santo e, em dezembro de 2019, Tocantins.

2.2.2 Secas em Sergipe

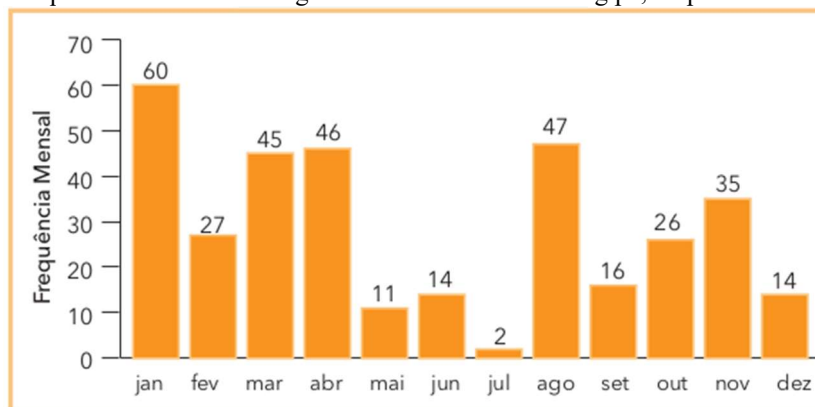
Dos 75 municípios do estado de Sergipe, 29 encontram-se no Semiárido Brasileiro, numa área de 11.093 km² (aproximadamente 51% do estado), correspondente a 478.935 habitantes, 21% da população sergipana (MI, 2017). Segundo a Nova Delimitação do Semiárido

Brasileiro, oficializada pelo Ministério da Integração Nacional em 2005, essa região corresponde à precipitação média anual inferior a 800 mm, com risco de ocorrência de seca maior que 60% (CGEE, 2016).

Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC, 2013), de 1991 a 2010 houve um total de 345 registros oficiais de seca e estiagem em Sergipe. Nesse período, dos 75 municípios do estado, apenas Barra dos Coqueiros e São Francisco não tiveram algum registro. Como esperado, a região do Alto Sertão Sergipano foi a mais afetada, com os municípios de Porto da Folha e Poço Redondo sendo os mais atingidos: 22 ocorrências cada.

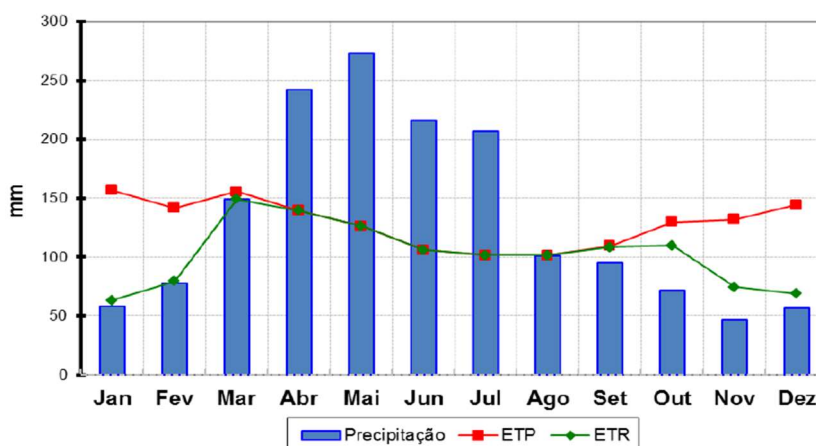
A Figura 2 apresenta a frequência mensal de estiagem e seca em Sergipe, a partir da qual pode-se observar maior quantidade de ocorrências entre os meses de agosto e abril e menor número de eventos no mês de julho. Esse fato pode ser explicado pelas chuvas no estado, que acontecem, predominantemente, entre os meses de abril e julho, como mostra a Figura 3 para a cidade de Aracaju.

Figura 2 - Frequência mensal de estiagem e seca no estado de Sergipe, no período de 1991 a 2012.



Fonte: Brasil (2013) apud UFSC (2013).

Figura 3 - Climatologia: precipitações médias mensais, evapotranspiração real (ETR) e potencial (ETP) em Aracaju.



Fonte: INMET apud Jesus (2015).

Nos anos de 2016 e 2017, 29 municípios sergipanos decretaram estado de emergência em decorrência de seca ou estiagem (ROCHA, 2017). Em 2018, houve 14 decretações e, em 2019, 25 municípios (SERGIPE, 2020).

Em termos de políticas públicas estaduais, se destaca em Sergipe o Programa Água Doce (PAD), que consiste em implantar e/ou recuperar aparelhos de dessalinização em áreas rurais para aproveitamento de águas subterrâneas em comunidades com deficiência de água potável. Esse é um projeto coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), em parceria com instituições estaduais, para o Semiárido Brasileiro (MMA, 2010).

Em 2010, foi lançado o Plano Estadual do Programa Água Doce de Sergipe, com especificação de metas para o estado durante o período de 2010 a 2019. Os principais objetivos do plano são (MMA, 2010):

- Recuperar sistemas de dessalinização existentes em Sergipe;
- Implantar novos dessalinizadores;
- Promover a manutenção preventiva e corretiva dos dessalinizadores.

Sob a coordenação da Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SERHMA), em 2019 existiam 29 dessalinizadores instalados e em funcionamento, distribuídos em nove municípios: Canindé de São Francisco, Poço Redondo, Monte Alegre de Sergipe, Porto da Folha, Nossa Senhora da Glória, Carira, Simão Dias, Poço Verde e Tobias Barreto (MMA, 2019).

De modo semelhante ao que ocorre, de maneira geral, no Brasil, as medidas em execução no estado, muitas vezes tardias, estão voltadas ao alívio dos impactos da seca. Consequentemente, a cada novo evento, visualizam-se os mesmos problemas sobre a população, que continua vulnerável.

Com o adequado funcionamento do Monitor de Secas do Brasil, as políticas de seca em Sergipe tendem a tornar-se mais rápidas e eficientes, uma vez que as regiões e setores afetados podem ser identificados com maior facilidade.

2.3 Gestão de secas

Devido à complexidade da seca e à diversidade de seus efeitos, um dos maiores desafios para o governo de áreas afetadas é o desenvolvimento de ações para mitigação de impactos e aumento da resiliência da sociedade. Conforme Souza Filho (2016), para uma adequada gestão de secas, deve-se entender que o risco associado ao fenômeno é uma combinação entre a exposição da região e a vulnerabilidade da população.

A exposição varia espacialmente e está relacionada a características intrínsecas da região, sendo difícil ou impossível de controlar. Já a vulnerabilidade de um grupo ou setor é definida por uma longa série de fatores, como crescimento populacional, padrões de migração, mudanças no uso do solo, aumento da tecnologia, urbanização, degradação ambiental, políticas governamentais e conscientização ambiental. Acompanhar a tendência dessas condições é fundamental para a preparação contra a seca (WILHITE et al., 2014; WILHITE, 2014, 2011).

Tradicionalmente, a gestão de secas no Brasil é marcada por medidas emergenciais ou reativas, o que caracteriza a chamada gestão de crise. Esse tipo de abordagem consiste na prática de ações após a ocorrência do desastre, com objetivo de recuperar a região afetada e aliviar os efeitos sobre a população. Como consequência, Wilhite (2014) enfatiza que apenas os sintomas da seca são tratados, de modo que a população torna-se dependente dos auxílios recebidos e não busca uma mudança de comportamento diante da recorrência do fenômeno.

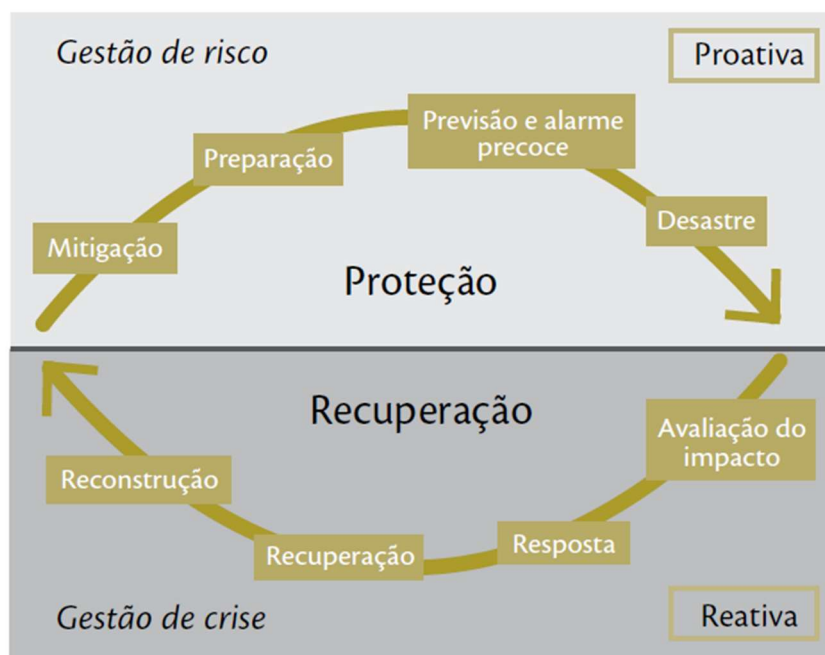
Exemplos de ações reativas implementadas na mitigação da seca durante o período de 2010 a 2016 são linhas de crédito emergencial, renegociação de dívidas agrícolas, expansão de programas de apoio social e distribuição emergencial de água potável às comunidades rurais por carros-pipa. Em termos de infraestrutura, pode-se citar a perfuração de poços e a construção de barragens (DE NYS et al, 2016).

Historicamente, pouca atenção tem sido dada à gestão de riscos, que objetiva evitar ou reduzir impactos futuros e diminuir a vulnerabilidade da população através de ações de monitoramento, planejamento e alerta precoce. A necessidade de medidas preventivas mostra-se, por exemplo, quando o Nordeste é atingido por períodos de secas extremas. As soluções estruturais do passado são importantes, mas insuficientes para reduzir a vulnerabilidade da população (DE NYS et al, 2016; MAGALHÃES; MARTINS, 2011).

Para que a mitigação da seca seja efetiva, deve haver continuidade das atividades desde antes da consolidação de um evento de seca até sua completa recuperação, uma vez que medidas proativas têm implementação de longo prazo. Alguns exemplos do gerenciamento de riscos são o monitoramento climático e de recursos hídricos, o desenvolvimento de fontes alternativas de água, a proteção de bacias hidrográficas, o planejamento do uso do solo e a criação de programas de conscientização (HAWAII, 2017).

A Figura 4 apresenta o ciclo de gerenciamento de desastres, do qual fazem parte tanto a gestão de crises quanto a de riscos. Políticas proativas de seca e gestão de riscos aumentam consideravelmente a resiliência da população e diminuem a necessidade e dependência de respostas emergenciais (UN, 2018). Por isso, deve-se dar mais atenção à gestão de riscos do que se deu no passado.

Figura 4 - Ciclo de gestão de desastres.



Fonte: Adaptado de NDMC [s.d.] apud De Nys et al. (2016).

Em 1991, foi publicada nos Estados Unidos uma metodologia para o desenvolvimento de planos de preparação para a seca, que consistia em dez passos genéricos e adaptáveis às necessidades de qualquer região e nível de governo sujeitos à seca (WILHITE, 1991). Os dez passos, atualizados por Wilhite (2014), são:

1. Nomear uma comissão nacional de política de gestão de seca;
2. Definir metas e objetivos de uma política nacional de gestão de secas baseada em risco;
3. Buscar participação de pessoas, setores ou grupos interessados e resolver conflitos entre os principais usuários;
4. Fazer o inventário de recursos financeiros disponíveis e identificar grupos de risco;
5. Preparar/escrever os princípios da política nacional de gestão de secas e dos planos de preparação, incluindo: monitoramento, alerta precoce e previsão, avaliação de risco e impacto, mitigação e resposta;
6. Identificar a necessidade de estudos e pesquisas e preencher lacunas institucionais;
7. Integrar os aspectos científicos e políticos do gerenciamento da seca;
8. Divulgar a política nacional de gestão de secas e os planos de preparação e conscientizar a população;
9. Desenvolver programas de educação para todas as faixas etárias e grupos interessados;

10. Avaliar e revisar a política nacional de gestão de secas e apoiar os planos de preparação.

Observa-se que a transição da gestão de crises para gestão de riscos é um processo lento e que exige vontade política. Para a mudança de paradigma no Brasil, o Banco Mundial (2014) definiu três pilares de preparação para a seca, a saber:

- a) Monitoramento e previsão/alerta precoce: são os fundamentos para a elaboração de um plano de seca. Eles envolvem a utilização de índices e indicadores de seca como gatilhos para ação e servem de ferramenta de suporte à decisão;
- b) Vulnerabilidade/resiliência e avaliação de impactos: desse modo, identifica-se quem, o que e por que está em risco. Requer monitoramento dos impactos para melhor caracterizar as secas;
- c) Mitigação e planejamento de respostas e medidas: diz respeito a programas pré-seca, ações de curto e longo prazo para redução de riscos, programas de resposta para o início da seca e programas de pesquisa.

A partir desses três aspectos da preparação para a seca, busca-se superar as limitações existentes nas políticas públicas brasileiras, a exemplo de (BANCO MUNDIAL, 2015):

- Ações emergenciais coordenadas por comitês de seca temporários (em períodos de seca) e não por instituições permanentes;
- Fragilidades institucionais nos estados, ficando sujeitos aos programas propostos pela União;
- Atuação independente das instituições de monitoramento e previsão meteorológica, com conseqüente discordância entre estados e União sobre a severidade da seca;
- Pouca utilização das informações úteis produzidas pela diversidade de instituições;
- Pequena compreensão das vulnerabilidades do Semiárido.

Percebe-se que uma das principais dificuldades brasileiras em relação às respostas do governo às secas é o planejamento e a integração entre as instituições. Contudo, nos últimos anos, esforços conjuntos têm sido empregados para o monitoramento e preparação para a seca, o que indica uma mudança de abordagem para a gestão de riscos. Exemplo disso é a consolidação do Monitor de Secas, ferramenta de acompanhamento das condições de seca no Nordeste e, mais recentemente, nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Tocantins.

2.4 O Monitor de Secas do Brasil

Conforme apresentado anteriormente, o Brasil tem adotado, ao longo dos anos, uma postura reativa às secas, com respostas emergenciais e temporárias tomadas em períodos de seca. Todavia, para a consolidação de uma gestão de riscos no Brasil, há a necessidade de lidar com o fenômeno desde seus primeiros indícios, estabelecendo “gatilhos” para pôr em prática medidas de mitigação de acordo com os estágios de severidade da seca.

Em 2012, ano reconhecidamente seco no Nordeste, o Ministério da Integração Nacional (MI) criou um Grupo de Trabalho para avaliar a abordagem de gestão de seca do país e auxiliar no desenvolvimento de uma Política Nacional de Secas (ANA, 2019a). A proposta de política de secas desenvolvida sob a coordenação do Banco Mundial foi estruturada nos três pilares de preparação apresentados na seção anterior, escolhendo-se o monitoramento para dar início à mudança de gestão de crise para gestão proativa, por ser um fator-chave para a tomada de decisão (CGEE, 2016; GUTIÉRREZ et al., 2014).

Nesse contexto, surgiu o então Monitor de Secas do Nordeste (MSNE), com assistência técnica e financeira do Banco Mundial e envolvimento de 40 instituições federais, estaduais e parceiros internacionais, com destaque para o Centro Nacional de Mitigação de Secas dos Estados Unidos (NDMC, *National Drought Mitigation Center*) e a Comissão Nacional de Águas do México (CONAGUA, *Comisión Nacional del Agua*) (ANA, 2019a). Como parte do processo de criação do Monitor, instituições da União e dos estados ligadas à gestão de secas foram chamadas a participar de oficinas regionais para implementação da ferramenta. Essa fase ocorreu entre agosto de 2014 e 2015, tendo o MSNE entrado em operação, de fato, no início de 2016 (MARTINS et al., 2016b).

O atual Monitor de Secas do Brasil (MSB), que é baseado no Monitor de Secas dos Estados Unidos (USDM, *United States Drought Monitor*), consiste na representação das condições de seca da região Nordeste (com adição dos estados de Minas Gerais, em 2018, Espírito Santo e Tocantins, em 2019) através de um mapa elaborado mensalmente em um processo colaborativo e participativo. Para produção do mapa, são reunidas informações locais, dados e indicadores de diversas instituições envolvidas, visando a melhor compreensão da severidade, permanência ou alívio de um período seco. É importante destacar que o mapa não consiste em uma previsão, mas em uma análise do estado da seca observado no último mês.

O principal objetivo do MSB é prover definição e entendimento comuns acerca da intensidade atual da seca, promovendo um consenso entre a União e os estados e aumentando a eficiência e a eficácia das políticas públicas de mitigação de impactos. Desse modo, o Monitor

evita que haja discordância quanto ao estágio em que se encontra um evento de seca, constituindo-se em uma ferramenta de apoio à tomada de decisão (MARTINS et al., 2016b).

Com a consolidação gradual do Monitor e o fornecimento de informação mais consistente relativa à seca, espera-se que haja menor interferência e pressão política quando um determinado município declarar estado de seca, com consequente aumento na agilidade de respostas aos seus impactos (BANCO MUNDIAL, 2015).

Para um melhor entendimento do processo de elaboração do Monitor de Secas e das possibilidades de uso do produto final, os itens a seguir detalham conceitos considerados, etapas da produção, instituições envolvidas, dados e produtos de apoio utilizados pelo Monitor.

2.4.1 Conceitos e definições importantes

Para adequada interpretação das informações fornecidas pelo Monitor, faz-se necessário, primeiramente, compreender alguns conceitos definidos na sua fase experimental de desenvolvimento. Tais definições fundamentam o Monitor de Secas do Brasil (BANCO MUNDIAL, 2015; MARTINS et al., 2016b):

- Seca relativa: para o cálculo dos indicadores do Monitor, é considerada a série histórica dos dados de cada estação. Desse modo, é possível comparar localidades distintas de modo espacialmente consistente. Isso significa que o que está sendo avaliado é a situação de determinado local em relação ao seu histórico, e não à sensação subjetiva de seca;
- Seca natural ou física: a informação apresentada pelo Monitor está relacionada às condições naturais intrínsecas ao fenômeno físico da seca. De modo semelhante ao monitor de outros países, busca-se evitar conflitos de interesse provenientes de sistemas sujeitos ao gerenciamento humano. A seca “operacional” ou “gerenciável” deve, portanto, ser considerada em planos de preparação para a seca;
- Caráter regional do Monitor: o Monitor é, inicialmente, uma visão macro da seca, ou seja, trata da região como um todo, evitando o uso de divisões políticas. Devido à variação da densidade da rede de dados observados entre estados e municípios, o delineamento da seca não é perfeito, mas deve ser a melhor representação consensual da seca possível;
- Impactos da seca: as características de curto e longo prazo consideradas nos mapas estão ligadas aos impactos provocados em diferentes setores. A seca de curto prazo

afeta a agricultura e a pecuária, enquanto a de longo prazo atinge a hidrologia e a ecologia, por exemplo.

Além das definições anteriores, é importante reconhecer que o Monitor de Secas é um processo colaborativo e não apenas um mapa gerado automaticamente a partir de dados ou índices. A maioria dos produtos de monitoramento tradicionais focam na quantidade de precipitação observada, o que não reflete, necessariamente, as condições de seca existentes. Por exemplo, precipitação abaixo da média em determinado mês pode resultar em safras acima da média devido à distribuição temporal da precipitação. Por isso, a dimensão meteorológica da seca não deve ser a única observada (BANCO MUNDIAL, 2015).

Outras diferenças entre o Monitor e outros tipos de monitoramento são a combinação de dados e indicadores de diversas instituições, a interpretação das informações de seca pelos autores do mapa e a validação do mesmo com base em impactos percebidos por agentes que vivenciam a seca localmente. Desse modo, consideram-se outras dimensões da seca, como a agrícola e a hidrológica.

2.4.2 Instituições envolvidas

A elaboração mensal do Monitor e sua consolidação requerem articulação e colaboração intensas entre as instituições federais e estaduais envolvidas no processo. Durante a atualização do mapa, as atividades necessárias à sua produção encontram-se divididas entre os seguintes grupos responsáveis: instituições provedoras de dados; instituição central; autores; validadores; usuários.

As instituições provedoras de dados são entidades e órgãos estaduais, federais ou internacionais que fornecem informações pertinentes para o Monitor na forma de dados observados, que são usados no cálculo de indicadores de seca, ou produtos de apoio (vide Seção 2.4.4) (BANCO MUNDIAL, 2015).

A Instituição Central (IC), representada pela Agência Nacional de Águas (ANA) desde 2015, é a responsável por coordenar o processo de atualização do Monitor. Algumas de suas funções operacionais são: a) preparar os dados; b) calcular os indicadores de seca utilizados; c) preparar o projeto em um programa de Sistema de Informações Geográficas (SIG); d) dar suporte aos autores e validadores; e) publicar o mapa no site do Monitor; f) emitir relatório anual do Monitor; g) treinar autores e validadores e h) fortalecer o processo (BANCO MUNDIAL, 2015).

Antes de a ANA assumir como IC em 2015, cabia à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) desempenhar as responsabilidades do cargo. Na prática, essa

instituição ainda executa atividades importantes, como o recebimento e tratamento dos dados e cálculo dos índices, além de auxiliar a ANA no treinamento de novos validadores.

Os autores são as entidades que se alternam mensalmente para representar a situação da seca. Desse modo, são responsáveis por utilizar os dados, indicadores e produtos de apoio para elaboração do mapa, além de coordenar o processo de validação. Atualmente, os autores são a FUNCEME, a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e o Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (INEMA) (MARTINS et al., 2016b).

A partir da entrada de estados do Sudeste e do Norte no Monitor, é interessante haver o treinamento de novos autores, uma vez que as instituições do Ceará, Pernambuco e Bahia possuem maior conhecimento acerca das características climáticas e socioeconômicas do Nordeste. Com a perspectiva futura de expansão do Monitor para todo o Brasil, a função de autoria pode ter, mensalmente, um representante para cada região.

Os validadores, também chamados de pontos focais, são as instituições com competência estadual para confirmar a situação de seca apresentada pelos autores ou sugerir alterações para adequar o mapa à realidade local. Dentro do conceito de validação, existe também a figura dos observadores, que são profissionais de setores ligados aos recursos hídricos com maior capacidade de percepção dos impactos de seca observados nos estados.

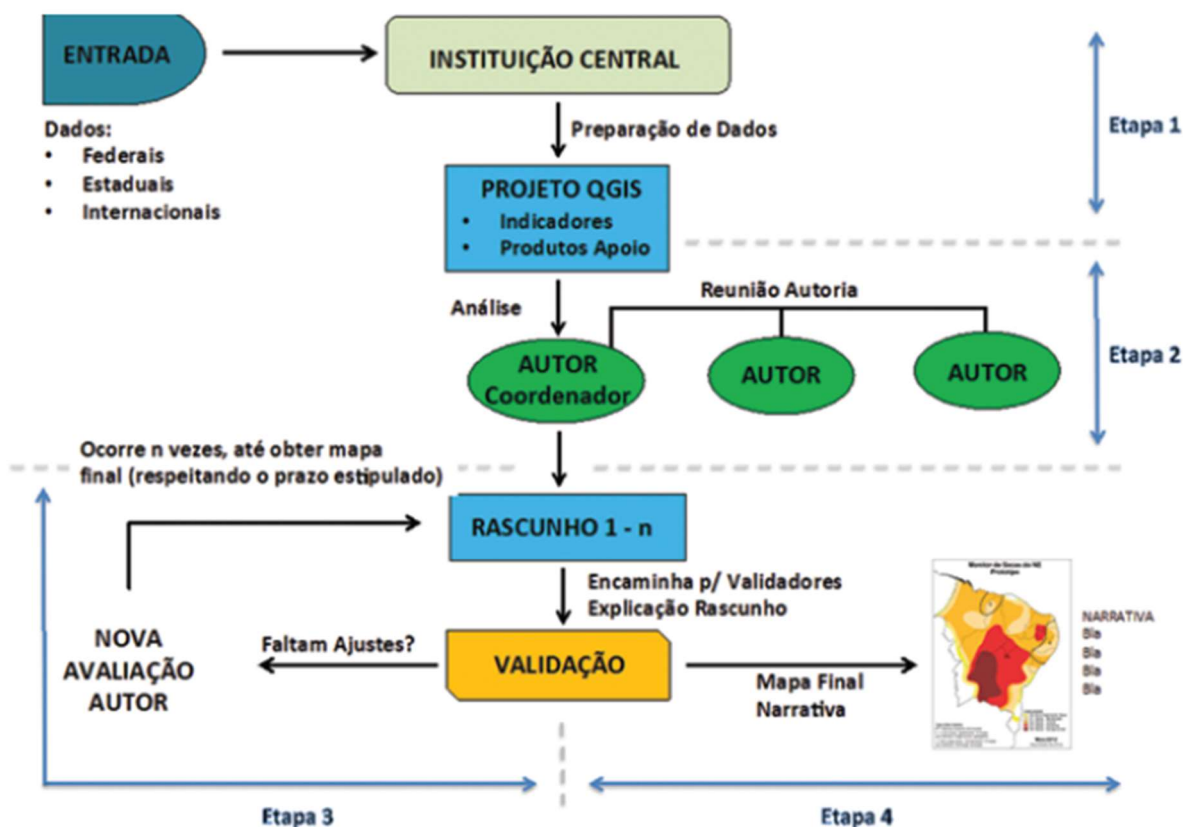
Em Sergipe, a Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SERHMA) é responsável pela validação, tendo auxílio de um comitê técnico-científico formado por docentes e discentes da Universidade Federal de Sergipe (UFS) e do Instituto Federal de Sergipe (IFS). Quanto aos observadores, tem-se técnicos da Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (EMDAGRO), representantes das prefeituras municipais e da Defesa Civil.

Após a publicação do mapa no site do Monitor (<http://monitordesecas.ana.gov.br/>), a sociedade em geral e entidades interessadas podem fazer uso do produto final no auxílio à tomada de decisão. Em Sergipe, por exemplo, informações obtidas através do Monitor já costumam aparecer em jornais e outros meios de comunicação.

2.4.3 Etapas da elaboração

O processo de atualização mensal dos mapas do MSB divide-se em quatro etapas: (1) preparação dos dados; (2) traçado do mapa; (3) validação do Monitor; (4) publicação do mapa. A Figura 5 apresenta o esquema operacional do Monitor de Secas.

Figura 5 - Arranjo operacional do Monitor de Secas.



Fonte: Banco Mundial (2015).

A primeira etapa é realizada pela Instituição Central, que reúne e trata os dados das diversas instituições para o cálculo dos índices de seca (Seção 2.4.4), bem como recebe os produtos de apoio necessários para confirmar e convergir as informações. Os índices, mapas associados e produtos de apoio são preparados até o oitavo dia do mês e enviados para os autores em um programa SIG, juntamente com um cronograma de atividades até a publicação do mapa no site (MARTINS et al., 2016a). O cronograma de atividades em cada mês é definido no início do ano e está disponível no site do Monitor (ANA, 2019a), conforme a Figura 6. Contudo, nem sempre esse cronograma é seguido, havendo atraso em alguns meses.

Figura 6 - Calendário mensal do Monitor de Secas (2019).

RESPONSÁVEIS	DATA DO MAPA	DATA DO TRAÇADO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CE-FUNCEME	DEZ/18	JAN/19	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T			
PE-APAC	JAN/19	FEV/19	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q				
BA-INEMA	FEV/19	MAR/19	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S			
CE-FUNCEME	MAR/19	ABR/19	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S			
PE-APAC	ABR/19	MAI/19	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q			
BA-INEMA	MAI/19	JUN/19	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S				
CE-FUNCEME	JUN/19	JUL/19	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S			
PE-APAC	JUL/19	AGO/19	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q			
BA-INEMA	AGO/19	SET/19	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S		
CE-FUNCEME	SET/19	OUT/19	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T			
PE-APAC	OUT/19	NOV/19	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S			
BA-INEMA	NOV/19	DEZ/19	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S				

Coleta de dados, cálculo dos indicadores e produtos de apoio(IC) Coleta dos Formulários de Validação pelos Pontos Focais
Entrega dos dados(manhã) e preparo do R0(autor) Coleta dos Formulários de Validação pelos Pontos Focais
Finalização do R0 e reunião de Autoria para encaminhar R1 para validação Coleta dos Formulários de Validação pelos Pontos Focais
Validação (3 dias úteis)
Publicação do mapa
Feriados nacionais ou dias de fim de semana

Fonte: ANA (2019a).

Os autores são responsáveis pelo desenho do mapa (segunda etapa), que deve representar as condições de seca da região Nordeste e dos estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Tocantins. Para dar início à produção, eles se baseiam no mapa do mês anterior, em conjunto com os indicadores de seca e os produtos de apoio do mês em questão. Desse modo, prepara-se a primeira versão do mapa, chamada de Rascunho Zero ou R0, acompanhada de uma descrição textual dos principais elementos que levaram ao traçado proposto. O R0 é apresentado aos demais autores e discutido na chamada reunião de autoria (autores com a IC), realizada por videoconferência. Após a discussão, são feitos os ajustes necessários e um novo Rascunho, R1, é enviado aos validadores, que também recebem os índices de seca, produtos de apoio, texto descritivo do R1 e formulários de validação (vide Anexo B) (BANCO MUNDIAL, 2015).

É interessante ressaltar que o traçado do mapa é feito de modo manual, e não automático. Inicialmente, os autores recebem da IC os indicadores e produtos de apoio, bem como o mapa do mês anterior, em forma de camadas de um arquivo do programa QGIS, um *software* livre de SIG. Por meio da observação dos índices de curto e longo prazo (explicados na Seção 2.4.4) das características climáticas observadas e do seu próprio conhecimento, os autores identificam as áreas em que houve aumento ou diminuição de categoria de severidade, bem como as regiões que estão sofrendo impactos de curto, longo ou curto e longo prazos. Assim, partindo-se do mapa do mês anterior, são feitas as alterações necessárias.

Após a reunião de autoria e envio do R1, tem-se a etapa de validação, que é o maior diferencial do Monitor de Secas em relação aos métodos tradicionais de monitoramento. Nessa etapa, o R1 é analisado pelos validadores através de informações locais, a exemplo de relatórios climáticos. Adicionalmente, a cada mês, os observadores de cada estado preenchem os chamados Formulários Mínimo Padrão (Anexo A), com perguntas voltadas aos impactos locais da seca, e encaminham aos validadores. Essas informações auxiliam na verificação da severidade da seca indicada no mapa pelos autores.

Após análise do R1, o validador preenche o formulário de validação (Anexo B), concordando ou não com as condições de seca sugeridas pelo autor. Em caso de discordância, as sugestões de alteração no mapa devem ser justificadas com base em argumentos pertinentes. Contudo, devido à responsabilidade do autor pelo mapa publicado, pode-se acatar ou não as propostas dos validadores (BANCO MUNDIAL, 2015).

Depois de analisar as recomendações de cada estado, um novo mapa, revisado, é enviado novamente pelos autores para validação. Esse processo pode ser repetido “n” vezes até atingir uma opinião consensual entre autores e validadores, devendo durar até cerca de três dias úteis (MARTINS et al., 2016a).

Por fim, na etapa 4, o autor disponibiliza para a IC o produto final a ser publicado, composto pelo Mapa Final e a Narrativa, que consiste em um texto com a descrição das condições climáticas da região, a síntese do traçado e comentários das condições de seca para cada estado. No site do Monitor, a IC disponibiliza outras informações: mapa de alterações mensais de categoria de seca; comparações entre mapas passados; dados tabulares acerca da evolução percentual da seca entre as categorias e o histórico dos mapas do Monitor (ANA, 2019a).

A seção a seguir apresenta os índices de seca e os produtos de apoio utilizados pela Instituição Central, autores e validadores durante a produção dos mapas.

2.4.4 Indicadores de seca e produtos de apoio

Índices de seca são importantes ferramentas para o monitoramento de eventos e previsão de impactos, além da possibilidade de serem utilizados como uma referência histórica para planejadores e tomadores de decisão (SVOBODA; FUCHS, 2017). Contudo, do mesmo modo que não há uma definição única da seca que funcione em todas as situações, um único índice pode não ser capaz de identificar satisfatoriamente um evento e seus impactos. Conforme Martins et al. (2016b), esse é o principal motivo pelo qual são utilizados diferentes índices na elaboração do Monitor.

Alguns autores diferenciam indicadores e índices de seca. Consideram-se indicadores variáveis ou parâmetros meteorológicos e hidrológicos, a exemplo de precipitação, vazão, umidade do solo, armazenamento em reservatórios, níveis de água subterrânea e temperatura. Já índices são representações numéricas do fenômeno, computadas a partir dos indicadores, que visam caracterizar um evento de seca quanto à severidade, localização e duração. Tecnicamente, índices também podem ser considerados indicadores (SVOBODA; FUCHS, 2017; WILHITE, 2005).

Para o Monitor, são considerados “indicadores” os valores calculados a partir de dados observados. Já os produtos obtidos de alguma instituição são denominados de “produtos de apoio”. A partir da análise conjunta desse material, é possível identificar incoerências entre estações automáticas e convencionais e detectar variações climáticas e os impactos ocasionados nas diversas localidades representadas (BANCO MUNDIAL, 2015).

Atualmente, o MSB utiliza três indicadores de seca, sendo dois meteorológicos e um hidrológico. Os dois primeiros são o Índice Padronizado de Precipitação (SPI, *Standardized Precipitation Index*) e o Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração (SPEI, *Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*). O indicador hidrológico utilizado é o Índice Padronizado de Escoamento (SRI, *Standardized Runoff Index*) (BANCO MUNDIAL, 2015). A seguir, são apresentados maiores detalhes sobre os índices e produtos de apoio empregados.

a) Índice Padronizado de Precipitação (SPI)

O SPI foi desenvolvido por McKee et al. (1993) e, segundo os autores, trata-se de um índice normalizado, de modo que pode ser usado para monitorar tanto períodos úmidos quanto secos. Com ele, é possível calcular o déficit de precipitação em diferentes escalas temporais.

A escolha dos períodos de tempo analisados está relacionada aos impactos da seca. No caso do MSB, são utilizados os intervalos de 3, 4, 6, 12, 18 e 24 meses. Com três e quatro meses, objetiva-se identificar secas de curto prazo, enquanto doze, dezoito e vinte e quatro meses estão relacionados às secas de longo prazo. O SPI de seis meses é usado para verificar a transição entre impactos de curto e longo prazos (BANCO MUNDIAL, 2015; MCKEE et al., 1993).

Para o cálculo do SPI, segue-se o seguinte roteiro: (MACA; PECH, 2016; BANCO MUNDIAL, 2015; MCKEE et al. 1993):

1. É preparado um banco de dados mensais de precipitação para um período de n meses. Idealmente, deve haver, no mínimo, 30 anos de série histórica. O conjunto

de dados é atualizado a cada mês, uma vez que um novo valor é determinado a partir dos meses anteriores;

2. Os conjuntos de dados para cada período de n meses são ajustados à função Gama para definir a probabilidade de ocorrência da precipitação;
3. Calcula-se a probabilidade de ocorrência de determinado valor de precipitação para cada período e, a partir da inversa da distribuição normal padrão (de média zero e desvio padrão igual a um), encontram-se os desvios de precipitação em relação à média para os períodos observados. Esse é o valor do SPI.

A Tabela 1 apresenta as categorias de seca referentes aos valores de SPI.

Tabela 1 - Valores de SPI e categorias de seca.

Valores de SPI	Categorias
$\geq 2,00$	Extremamente úmido
1,50 a 1,99	Muito úmido
1,00 a 1,49	Moderadamente úmido
-0,99 a 0,99	Próximo do normal
-1,00 a -1,49	Seca Moderada
-1,50 a -1,99	Seca Severa
$\leq -2,00$	Seca Extrema

Fonte: Adaptado de McKee et al. (1993).

Guttman (1999) observa que, quanto maior a série de dados disponíveis, mais robustos serão os resultados da distribuição de probabilidade, uma vez que englobará mais eventos climáticos extremos. Contudo, no Monitor, devido à disponibilidade de dados das redes existentes no Brasil, são consideradas séries a partir de 25 anos de registro para estações convencionais federais e 10 anos para estações automáticas estaduais (MARTINS et al., 2016a).

Como principais vantagens do uso do SPI, pode-se destacar sua simplicidade e facilidade de análise, a capacidade de descrever a seca em diferentes escalas de tempo e a possibilidade de aplicação em qualquer região, uma vez que o índice é calculado em relação à média local. Em termos de desvantagens, o SPI tem a precipitação como único parâmetro de entrada e requer longas séries históricas de dados (SVOBODA; FUCHS, 2017; BANCO MUNDIAL, 2014; CACCIAMANI et al., 2007).

No Brasil, problemas existentes nas séries pluviométricas históricas, como as falhas nos dados e a extensão menor que o recomendado (30 anos), podem causar prejuízos à veracidade do índice. Além disso, o SPI representa desvios de precipitação em relação à média, o que faz com que a ocorrência de chuvas em regiões com médias baixas eleve os valores para categorias úmidas. Nesses casos, o indicador não condiz com a realidade, uma vez que a seca não é,

necessariamente, exaurida após determinado evento chuvoso. Tal fato foi destacado em entrevista a um dos autores da APAC (Apêndice A), que afirmou que picos de chuva alteram bastante os valores do SPI, ainda que tais precipitações não sejam suficientes para aliviar os impactos já existentes da seca. Assim, deve-se estar sempre atento à variedade de indicadores disponíveis no processo de autoria, buscando identificar a situação real existente e quais índices estão mais próximos da realidade.

b) Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração (SPEI)

O SPEI foi proposto por Vicente-Serrano et al. (2010) e consiste em um índice baseado no roteiro de cálculo do SPI, incluindo dados de temperatura. Desse modo, além da simplicidade e da possibilidade de aplicação para diferentes escalas de tempo, o SPEI considera as variações de evapotranspiração.

O SPEI utiliza a diferença mensal (ou semanal) entre a precipitação e a evapotranspiração potencial (ETP). Para o cálculo da ETP, utiliza-se a fórmula de Thornthwaite (THORNTHWAITE, 1948), uma vez que requer apenas dados de temperatura mensal média. O roteiro de cálculo do índice é semelhante ao do SPI, com a diferença da substituição da precipitação no passo 1 pelo balanço hídrico: precipitação menos ETP (VICENTE-SERRANO et al., 2010).

Para o Monitor, também são calculados os SPEI de 3 e 4 meses para detectar secas/impactos de curto prazo, 12, 18 e 24 meses para longo prazo e 6 meses para transição (MARTINS et al., 2016a).

Além de apresentar as vantagens de ser simples, espacialmente consistente e aplicado a diferentes escalas temporais, destaca-se que o SPEI acrescenta uma verificação do balanço hídrico climatológico. Como desvantagens, tem-se a dificuldade de obtenção de longas séries de temperatura e precipitação para a mesma localidade, a alteração de valores com a atualização da série e o fato de o índice ser sensível ao método de cálculo da evapotranspiração (BANCO MUNDIAL, 2015; CANAMARY, 2015).

A equação de Thornthwaite para o cálculo da evapotranspiração potencial foi desenvolvida com base em dados de precipitação e escoamento para bacias localizadas nos Estados Unidos, em regiões de clima temperado com predominância de verões secos e invernos úmidos (TUCCI, 2001). Para climas secos, como no Semiárido do Brasil, o modelo de Thornthwaite subestima a evapotranspiração (CAMARGO; CAMARGO, 2000).

Sob influência do cálculo da ETP, o SPEI pode não representar adequadamente o estado de seca de uma localidade. Ainda assim, para o Monitor, o SPEI costuma indicar categorias de

secas mais severas que o SPI, uma vez que esse considera apenas a precipitação. Nesses casos, os autores analisam os demais produtos disponíveis para indicar a categoria que melhor representa a situação real.

c) Índice Padronizado de Escoamento (SRI)

Para incluir um indicador hidrológico no Monitor, buscou-se um índice com as seguintes características (BANCO MUNDIAL, 2015):

- Simples;
- Fidedigno ao processo de escoamento;
- Não utiliza dados diretos de vazão e nível, devido à interferência de reservatórios e à inconsistência ou falta de dados;
- Pode ser calculado para cada estação pluviométrica, de modo a facilitar a elaboração dos mapas.

Por possuir as propriedades acima descritas, o Índice Padronizado de Escoamento (SRI), proposto por Shukla e Wood (2008), foi escolhido para ser incorporado ao Monitor. Originalmente, o SRI retrata aspectos hidrológicos da seca por meio da incorporação de processos hidrológicos que determinam defasagens sazonais na influência das variáveis climáticas no escoamento. Assim, o SRI pode ser considerado como um complemento útil do SPI, detectando impactos hidrológicos da seca, devendo auxiliar os autores na identificação de secas de longo prazo (SHUKLA; WOOD, 2008).

Baseado no SPI, o SRI mede o desvio normal padrão associado ao percentual de escoamento acumulado ao longo de uma duração específica. O procedimento de cálculo segue os passos do SPI (Seção 2.4.4-a), com a diferença de que utilizam-se valores de vazão fluvial em vez da precipitação. Adicionalmente, pode-se utilizar outras distribuições de probabilidade além da Gama, como a distribuição Log-Normal (SHUKLA; WOOD, 2008).

Devido aos problemas nacionais com as séries de vazões da rede fluviométrica, o SRI foi adaptado pela FUNCEME em parceria com a ANA. Para substituir os dados de vazão fluvial, foi desenvolvido um indicador de escoamento (I_e), fundamentado na observação de que o escoamento está estreitamente relacionado à concentração de chuvas (MARTINS et al., 2016a). O I_e , que reflete essa concentração, é dado por:

$$I_e = \sum_{i=1}^n L_i W_i \quad (1)$$

em que:

L_i : a duração do i -ésimo período úmido, em dias (três ou mais dias consecutivos com precipitação maior que 10 mm);

W_i : função do L_i ($W_i = 1$ se $L_i < 10$; $W_i = 5$ se $L_i > 10$).

Observa-se que períodos úmidos de pelo menos 10 dias implicam maior peso (W_i).

Com essa alteração, o roteiro de cálculo do SRI para o Monitor de Secas é o seguinte (MARTINS et al., 2016b; BANCO MUNDIAL, 2015):

1. Prepara-se um banco de dados referente à série histórica do indicador de escoamento para os períodos de interesse;
2. Cada um dos conjuntos de dados é ajustado à função Gama para definir a probabilidade de ocorrência do valor de I_e ;
3. Calcula-se a probabilidade dos valores observados de I_e e, a partir da inversa da distribuição normal padrão (de média zero e desvio padrão igual a um), encontram-se os desvios em relação à média para os períodos observados. Esse valor corresponde ao SRI.

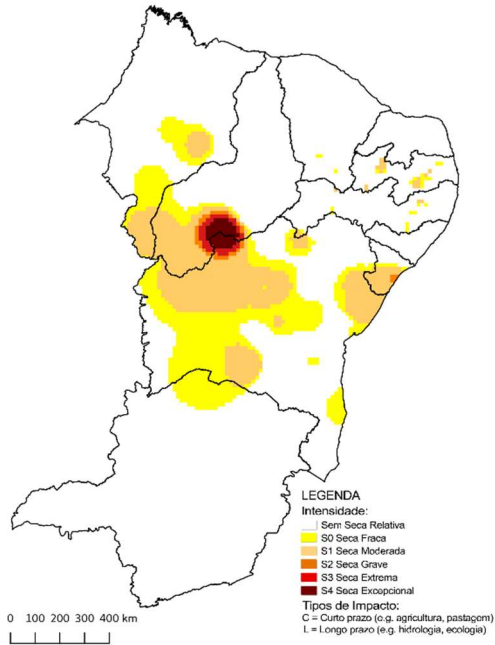
Embora apresente como vantagem o cumprimento das características pretendidas, o SRI requer uma longa série de dados diários de precipitação e vazão (para validação inicial) e uma rede densa de postos para melhor interpolação dos dados (BANCO MUNDIAL, 2015).

A Figura 7 apresenta exemplos dos indicadores de seca encaminhados pela IC para os autores e validadores do Monitor para elaboração do mapa do mês de fevereiro de 2019. Observa-se que os três índices apontam diferenças de categorias e área afetada nos estados, o que reflete as distintas considerações de cada método e confirma a necessidade de análise dos índices de maneira conjunta, complementada pelos produtos de apoio e pelo conhecimento dos autores, validadores e demais envolvidos no processo.

Figura 7 - Indicadores de Seca para o mês de Fevereiro de 2019. (a) SPI - 4 meses; (b) SPEI - 4 meses; (c) SRI - 4 meses.

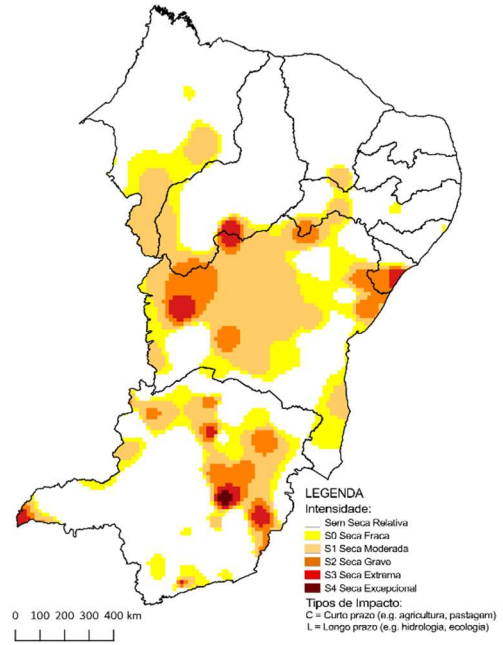
a)

SPI 04 meses
Fev/2019



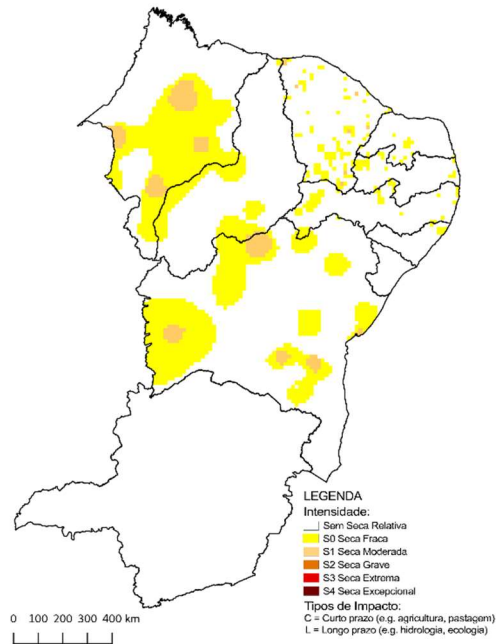
b)

SPEI 04 meses
Fev/2019



c)

SRI 04 meses
Fev/2019



Fonte: ANA (2019) apud Costa (2019).

d) Produtos de apoio

Como explicado anteriormente, os produtos de apoio são informações fornecidas por instituições nacionais e internacionais, de modo a complementar os índices de seca calculados. Na construção do Monitor de Secas, esses produtos são de fundamental importância, especialmente para as regiões com poucos dados.

Os produtos atualmente utilizados são (MARTINS et al., 2016a):

- Informações de precipitação acumulada, climatologia e anomalias;
- Dados de umidade do solo;
- Índice de saúde da vegetação;
- Modelo digital de elevação;
- Produtos combinados de curto e longo prazo;
- Camadas do mês anterior.

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) fornece mapas baseados na sua rede de estações de monitoramento, a exemplo de mapas de precipitação acumulada de 30 e 90 dias, precipitação acumulada do Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária (SISDAGRO), mapas climatológicos da precipitação mensal, desvios de precipitação mensal e trimestral, precipitação acumulada disponibilizada na forma de quantis e índice padronizado de precipitação do INMET (diferente do SPI, pois considera apenas estações do INMET) (BANCO MUNDIAL, 2015).

De modo semelhante, o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) contribui com mapas de precipitação acumulada, climatologia e anomalia. Para auxiliar na elaboração do Monitor, são utilizados mapas de um mês (para os últimos quatro meses), do último trimestre e do último ano (BANCO MUNDIAL, 2015).

Para iniciar o traçado do mapa, os autores costumam analisar os produtos do INMET e do CPTEC para identificar áreas com anomalias negativas de precipitação, indicando, portanto, existência de seca. Adicionalmente, a precipitação acumulada dos últimos mês e trimestre pode sugerir reduções de impactos de curto prazo devido a ocorrência de chuvas. Já a ausência de chuvas indica agravamento da seca e possível aumento de categoria.

O Centro de Previsão Climática da Administração Oceânica e Atmosférica dos EUA (CPC/NOAA, *Climate Prediction Center/Nacional Oceanic and Atmospheric Administration*) provê um mapa de anomalias de umidade do solo em percentis, calculados com base em dados de precipitação e temperatura (BANCO MUNDIAL, 2015). Esse mapa, relativo à América do

Sul, indica as condições de umidade do solo no último mês, sendo útil na identificação de efeitos de curto prazo da seca.

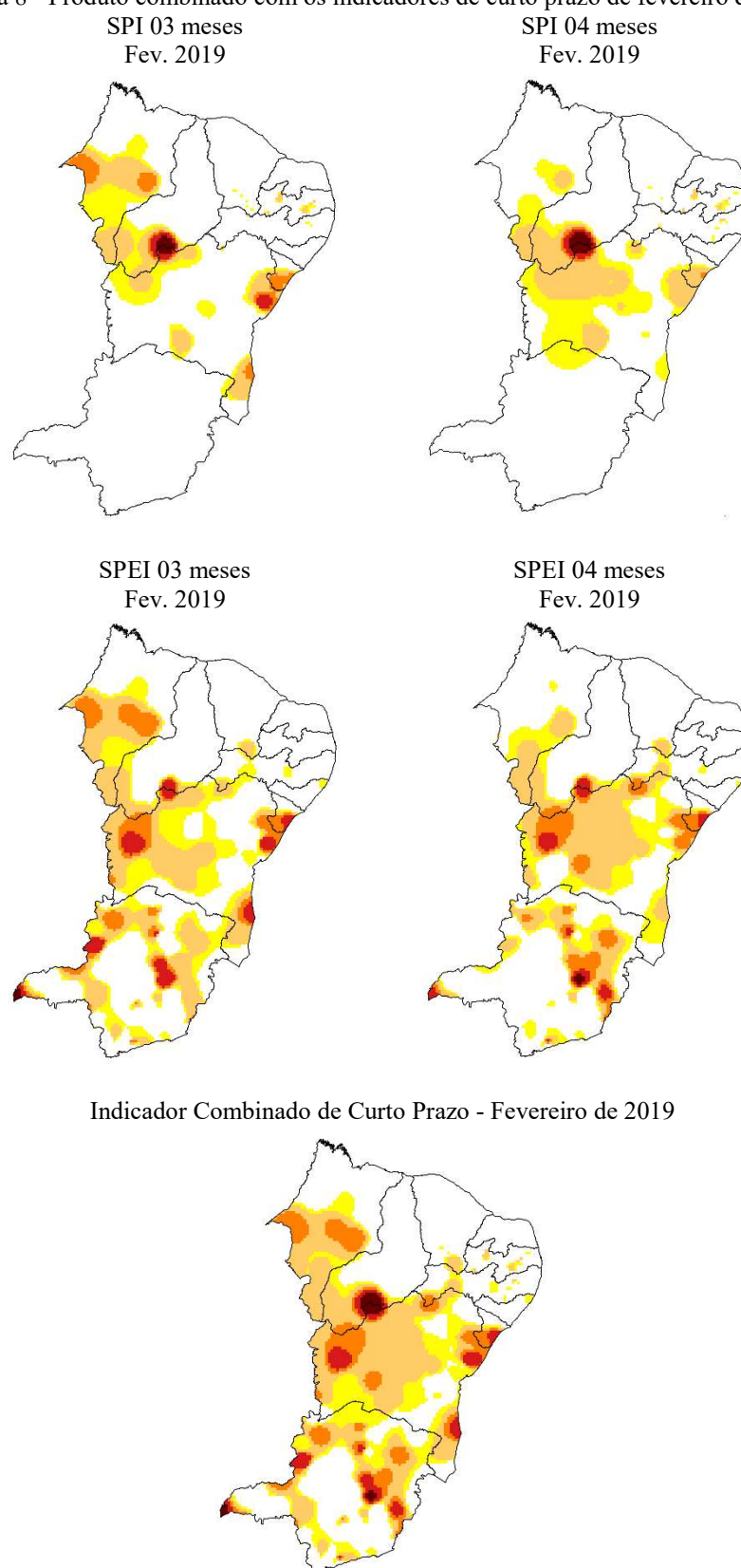
Outro produto utilizado é o Índice de Saúde da Vegetação (VHI, *Vegetation Health Index*), proveniente do Centro de Aplicações de Satélite e Pesquisa, do Serviço de Satélite e Informação da NOAA. Para o Monitor, são utilizados mapas da semana atual e variação em relação à semana anterior, ao último mês e ao último ano. Com o VHI, tem-se informações sobre as condições de cultura e produção (BANCO MUNDIAL, 2015).

Para diferenciação orográfica de estações próximas, o que pode interferir nos dados observados e valores calculados, utiliza-se o Modelo Digital de Elevação (MDE). O MDE representa de modo matemático e computacional, a topografia do terreno (BANCO MUNDIAL, 2015).

Os Indicadores Combinados de Curto (ICC) e Longo Prazo (ICL) combinam as dimensões meteorológica e agrícola da seca, através do SPI e do SPEI de curto (3 e 4 meses) e longo (12, 18 e 24 meses) prazos, respectivamente, considerando-se os valores mais negativos de cada índice (BANCO MUNDIAL, 2015). A Figura 8 apresenta um exemplo de ICC para o mês de fevereiro de 2019, onde pode-se observar a pior situação dentre o SPI e o SPEI de 3 e 4 meses para cada área.

Finalmente, após analisar as informações fornecidas pelos indicadores e produtos de apoio, os autores fazem as alterações necessárias à atualização mensal do Monitor a partir do mapa do mês anterior, uma vez que a seca é um fenômeno gradativo.

Figura 8 - Produto combinado com os indicadores de curto prazo de fevereiro de 2019.



Fonte: Adaptado de ANA (2019) apud Costa (2019).

a) NDVI

Durante a etapa de validação no estado de Sergipe, utilizam-se, para análise e verificação, relatórios climáticos, nos quais constam dados do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI, *Normalized Difference Vegetation Index*).

O NDVI é um índice de vegetação desenvolvido por Rouse et al. (1973), que corresponde a uma medida quantitativa de condições da vegetação em grandes áreas, baseada em dados digitais de reflectâncias espectrais da radiação eletromagnética. O seu cálculo é dado pela diferença entre as reflectâncias das faixas de infravermelho próximo e da visível, normalizada pela soma de ambas (LIU, 2006):

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS} \quad (2)$$

em que:

NIR: reflectância do infravermelho próximo (0,725 a 1,100 μm);

VIS: reflectância na região do vermelho do espectro visível (0,400 a 0,700 μm).

O *NIR* é a região em que a vegetação apresenta maior reflectância, enquanto o *VIS* é a faixa onde a vegetação possui a maior absorção da luz solar visível devido à presença de clorofila, indicativo de uma vegetação sadia (MENESES; ALMEIDA, 2012).

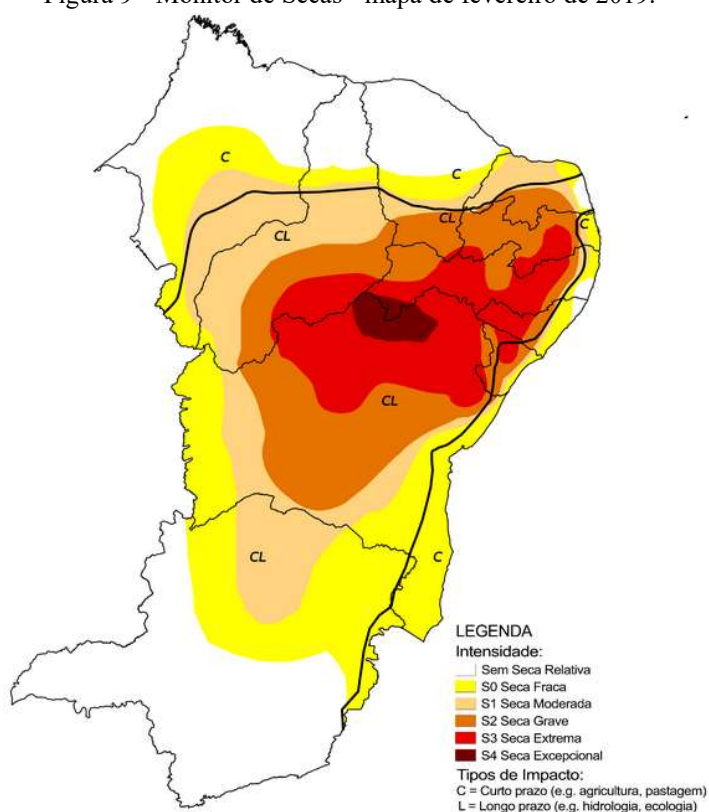
Os valores de NDVI variam de -1 a 1, em que os valores negativos correspondem às áreas de corpos d'água e sombra; valores próximos a zero estão relacionados às áreas de solo exposto e baixa capacidade fotossintética; valores próximos a 1 equivalem à existência de vegetação (LIU, 2006).

2.4.5 Leitura e descrição do Monitor

Uma vez apresentados conceitos, definições, instituições envolvidas, processo de elaboração, indicadores e produtos utilizados pelo Monitor, esta seção destina-se a explicar o Monitor de Secas como produto final.

A Figura 9 exhibe o mapa do Monitor para o mês de fevereiro de 2019. Nela, podem ser observadas as seguintes características: áreas afetadas por diferentes categorias de seca; cores que representam diferentes níveis de severidade; indicação das letras “C”, “L” e “CL” e separação de regiões por meio de uma linha espessa.

Figura 9 - Monitor de Secas - mapa de fevereiro de 2019.



Elaborado em: 15/03/2019

Fonte: ANA (2019a).

A Tabela 2 apresenta a classificação da severidade da seca de acordo com as cinco categorias adotadas pelo MSB, o percentil correspondente e os valores dos índices SPI e SPEI para cada classe.

O Monitor classifica a seca em cinco níveis de intensidade, variando de S0 (seca menos intensa) até S4 (seca mais intensa). A categoria S0 está relacionada a condições de umidade anormalmente baixas, com possibilidade de acarretar seca (ANA, 2019a). Para cada situação, estão descritos impactos possíveis, baseados no Monitor de Secas dos Estados Unidos (BANCO MUNDIAL, 2015).

Tabela 2 - Classificação de severidade da seca.

Categoria	Descrição	Possíveis impactos	SPI/SPEI	Percentil
S0	Seca Fraca	Entrando na seca: Veranico de curto prazo diminuindo plantio, crescimento de culturas ou pastagem. Saindo da seca: Alguns déficits hídricos persistentes; pastagens ou culturas não completamente recuperadas.	-0,5 a -0,7	30
S1	Seca Moderada	Alguns danos às culturas, pastagens; riachos, reservatórios ou poços com níveis baixos; falta de água em desenvolvimento ou iminente; restrições voluntárias de uso de água solicitadas.	-0,8 a -1,2	20

Categoria	Descrição	Possíveis impactos	SPI/SPEI	Percentil
S2	Seca Grave	Prováveis perdas de cultura ou pastagens; escassez de água comum; restrições de água impostas.	-1,3 a -1,5	10
S3	Seca Extrema	Grandes perdas de cultura/pastagem; escassez de água generalizada ou restrições.	-1,6 a -1,9	5
S4	Seca Excepcional	Perdas de cultura/pastagem excepcionais e generalizadas; escassez de água nos reservatórios, córregos e poços de água, criando situações de emergência.	< -2	2

Fonte: Adaptado de *National Drought Mitigation Center* apud ANA (2019a).

Os percentis relacionados às categorias servem para responder à pergunta “o quão raro é esse evento de seca?”. Assim, indica-se para o usuário a magnitude da seca em termos de números de eventos a cada 100 anos. Por exemplo, o grupo S1, de Seca Moderada, tem 20% de chance de ocorrer em determinado local e período (SVOBODA et al., 2002). Para inserir determinado local em um dos níveis de seca, também são utilizados os indicadores calculados (vide Seção 2.4.4). Para cada classe, os índices SPI e SPEI assumem os valores apresentados na Tabela 2. Além disso, são considerados os impactos associados a cada categoria.

Durante o desenvolvimento do MSB não foi feita uma adaptação da tabela de impactos para o Brasil, sendo ainda necessário calibrar os percentis, índices e impactos para a realidade local. Consequentemente, o enquadramento das áreas afetadas nas categorias através dos índices não é realizado de modo objetivo pelos autores. Conforme dito em entrevista (Apêndice A) por um dos autores da APAC, espera-se que a adaptação da tabela de impactos à realidade brasileira seja feita no futuro.

Nos mapas mensais (Figura 9) além das cores relacionadas às categorias, existem delineamentos que indicam os tipos de impactos existentes na área delimitada, representadas pelas letras “C”, “L” ou “CL”, que significam (ANA, 2019a):

- C: seca de curto prazo, por volta de três e quatro meses;
- L: seca de longo prazo, a partir de 12 meses, com impactos, por exemplo, hidrológicos e ecológicos;
- CL: combinação de impactos de curto e longo prazo.

A linha espessa presente no mapa, portanto, separa as regiões que passam pelos diferentes tipos de efeitos causados pela seca. Áreas com seca de longo prazo (L) podem ter passado por períodos de chuva que não foram suficientes para reparar todos os efeitos decorrentes dos meses anteriores. Secas de curto e longo prazo (CL) indicam que a seca está se prolongando, tendo impactos desde a agricultura aos reservatórios, por exemplo. Já as secas de curto prazo (C) significam que os impactos sentidos foram detectados pelos índices de 03 e 04 meses.

Mensalmente, além do mapa, é apresentada uma narrativa do estágio em que a seca se encontra. Esse texto busca ressaltar e justificar as mudanças ocorridas no mapa e descrever a natureza dos impactos em cada estado, em relação ao período anterior.

2.5 Experiências em gestão de seca

Devido ao caráter gradual e lento da seca, é possível desenvolver um planejamento adequado para o fenômeno, desde o monitoramento até a mitigação e resposta em tempo hábil. Para isso, são necessárias análises do histórico de secas na região, da eficácia das medidas tomadas anteriormente, da vulnerabilidade e da exposição da população. A partir de então, determinam-se ações a serem realizadas para cada categoria de seca, ou seja, definem-se níveis de alerta e as correspondentes medidas a serem tomadas.

Em uma publicação da Associação Americana de Planejamento (APA, *American Planning Association*), Musiol et al. (2013) destacam como elementos necessários para o desenvolvimento de planos de seca:

- Ampla divulgação na sociedade;
- Consistência com outros planos;
- Foco na abordagem proativa para a mitigação da seca;
- Meios para avaliação de eficácia e atualização do plano;
- Definição de ações para cada estágio de seca;
- Estratégias para gerenciamento da água durante períodos de seca.

De modo complementar, os autores afirmam que as mais bem-sucedidas experiências em gestão de seca ao redor do mundo incluem aspectos como a garantia de uma abordagem unificada entre todas as agências envolvidas, o estabelecimento de um conjunto de gatilhos, ações, compartilhamento de dados e ferramentas para monitorar, mitigar e responder à seca.

Devido às secas estarem cada vez mais frequentes, intensas e de maior duração, diversos países têm buscado o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem na consolidação de uma adequada gestão de riscos. A seguir, são apresentadas experiências nacionais e internacionais de gestão de secas, em diferentes níveis de desenvolvimento, complexidade e eficácia, que podem contribuir para o avanço das políticas de seca no Brasil.

2.5.1 Estados Unidos

Assim como no Brasil, a seca é um fenômeno recorrente nos Estados Unidos, causando grandes impactos sociais, ambientais e econômicos. Como consequência, essa nação tem

desenvolvido uma política de seca bem estruturada e fortalecida, que serve de modelo para vários outros países.

Desde a década de 1980, governos estaduais têm elaborado planos de seca nos EUA. Até a presente data, apenas Alasca, Arkansas, Dakota do Norte, Luisiana e Mississippi não possuem planos de seca. Entretanto, mesmo esses estados possuem planos para desastres em geral, englobando as secas (NDMC, 2019a).

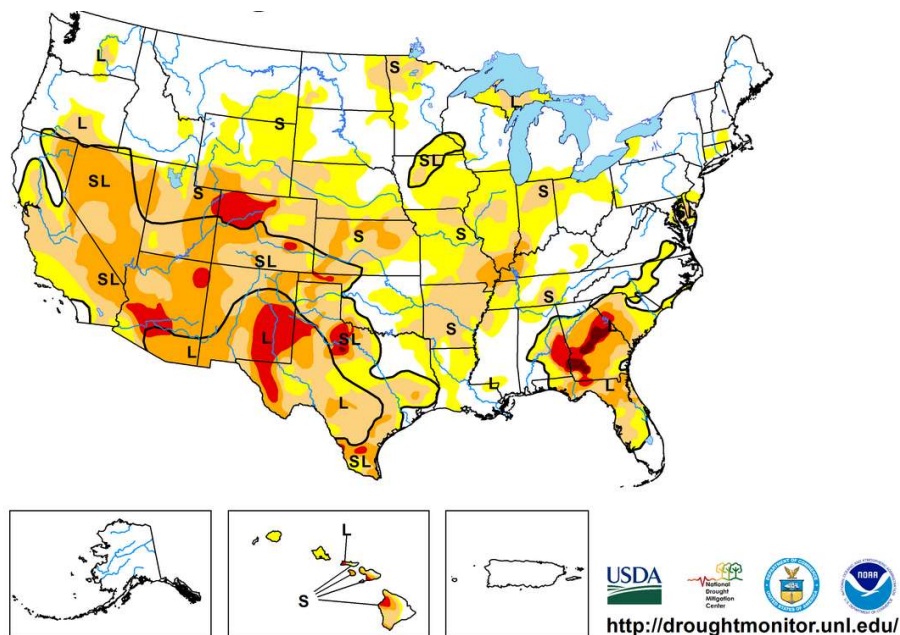
Entre 1996 e 2006, secas severas atingiram grande parte dos EUA, alertando o país sobre a necessidade de sistemas de monitoramento e alerta integrados. Nesse contexto, em 1999, a NOAA, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, *U.S. Department of Agriculture*) e o Centro Nacional de Mitigação da Seca da Universidade de Nebraska-Lincoln se uniram para desenvolver uma ferramenta de monitoramento. Como resultado, no mesmo ano foi desenvolvido o Monitor de Secas dos Estados Unidos (USDM, *United States Drought Monitor*) (WILHITE, 2014).

O USDM é considerado pelos governos estaduais e federal dos EUA como uma excelente abordagem para caracterizar a gravidade da seca e suas dimensões espaciais em todo o país. A partir dos mapas semanais liberados, os estados avaliam as condições de seca e disparam gatilhos para os programas de mitigação e resposta da seca (WILHITE, 2014).

O Monitor norte-americano funciona de modo semelhante ao que foi descrito na Seção 2.4, uma vez que o Monitor de Secas brasileiro foi baseado no USDM. No país de origem, a elaboração do mapa é semanal e de autoria revezada entre funcionários do NDMC, NOAA e USDA.

A Figura 10 apresenta o mapa da semana de 06 a 12 de junho de 2012, ano bastante seco no país. As cores indicadas representam as mesmas categorias da tabela de impactos do MSB (Tabela 2). A letra “S” indica seca de curto prazo (*short-term*), enquanto a letra “L” indica seca de longo prazo (*long-term*). Os mapas são liberados a cada quinta-feira, sendo referentes ao período de 7 dias que vai da quarta-feira da semana anterior à terça-feira da atual.

Figura 10 - U.S. Drought Monitor: 06 a 12 de junho de 2012.



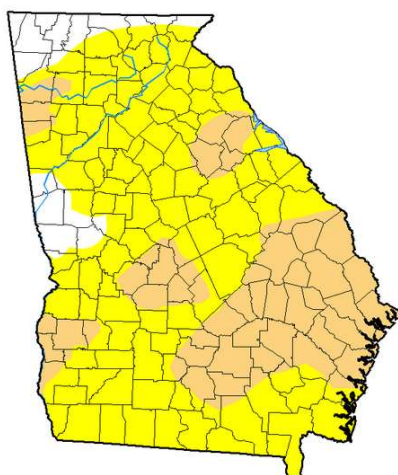
Fonte: NDMC (2019c).

Comparado ao Monitor do Nordeste, o USDNM apresenta maior variedade de índices e produtos de apoio, a exemplo de (NDMC, 2019b, 2019d):

- Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI, *Palmer Drought Severity Index*);
- Índice de resposta à seca de vegetação (VegDRI, *Vegetation Drought Response Index*);
- Percentis do modelo de umidade do solo do Centro de Previsão Climática (*Climate Prediction Center*);
- Percentis de vazão semanal do Serviço Geológico dos EUA (*United States Geological Survey*);
- Índice Padronizado de Precipitação (SPI);
- Análise de Precipitação do Serviço Nacional de Meteorologia (*National Weather Service*);
- Boletim de tempo e colheita semanal;
- Índice de Umidade de Colheita (*Crop Moisture Index*);
- Porcentagem de precipitação normal;
- Dados de vazão e umidade do solo;
- Produtos de saúde de vegetação global;
- Mapas de risco de incêndio.

Outra diferença entre os mapas do Brasil e dos Estados Unidos diz respeito à escala. Enquanto a representação da seca no Monitor brasileiro é regional, no USDM é possível visualizar o mapa em maiores detalhes, o que permite identificar as categorias de seca em cada condado dos estados norte-americanos, como mostra a Figura 11 para o estado da Geórgia.

Figura 11 - Estado da Geórgia, mapa de 22 a 28 de maio de 2019.



Fonte: NDMC (2019c).

Após a liberação do mapa, diversas instituições e a sociedade em geral podem utilizar as informações apresentadas pelos mapas como apoio à tomada de decisão, por exemplo (NDMC, 2019b):

- Departamento de Agricultura (USDA): utiliza o monitor para acionar declarações de desastre e a conceder empréstimos a juros baixos;
- Agência de Serviços Agrícolas (*Farm Service Agency*): utiliza o monitor para determinar a elegibilidade para o Programa de Forragem de Pecuária;
- Receita Federal (*Internal Revenue Service*): baseia-se nos mapas para diferir impostos sobre vendas forçadas de gado devido à seca.
- Decisores estaduais, locais e de nível de bacia: usam o monitor para desencadear respostas à seca, juntamente com outros indicadores de seca mais locais.

Devido à seca severa que atingiu 65% do país em 2012, foi criada a Parceria Nacional de Resiliência à Seca (NDPR, *National Drought Resilience Partnership*), da qual fazem parte sete agências federais. A NDPR desenvolve ações, programas e oportunidades de financiamento para apoiar as comunidades que enfrentam secas, de modo a aumentar a resiliência do país (NIDIS, 2019; WILHITE, 2014).

Por muito tempo, os Estados Unidos tomaram medidas tardias e dispendiosas contra a seca, o que apenas remediava os impactos ocasionados, não reduzindo a vulnerabilidade da

população. Com o desenvolvimento e a consolidação do Monitor de Secas, bem como devido à existência de planos de preparação estaduais, os EUA têm buscado a mudança de paradigma da gestão de crise para a gestão de riscos.

2.5.2 México

Há indícios de que habitantes do território mexicano sofram com a seca desde a época pré-hispânica, com registro de períodos de fome sofrida por maias e astecas no século XV. Historicamente, semelhante ao que acontece em inúmeros países, durante a ocorrência de secas, o governo mexicano tende a implementar programas emergenciais de ajuda humanitária e agropecuária, como abastecimento por carro-pipa, entrega de suplementos para ração de gado e geração de empregos temporários (ORTEGA-GAUCIN, 2018).

Entre 2011 e 2012, o México enfrentou a seca mais grave das últimas sete décadas. Após esse evento, em 2013, foi desenvolvido o Programa Nacional contra a Seca (PRONACOSE, *Programa Nacional Contra la Sequía*) para promover a transição da gestão de crise para a gestão de risco. Por meio do programa, foram criados instrumentos de planejamento, os Programas de Medidas Preventivas e de Mitigação da Seca (PMPMS, *Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía*), para cada um dos 26 conselhos de bacia do país. Em nível nacional, existe um instrumento de coordenação interinstitucional que atua na prevenção, monitoramento e contingência dos eventos (ARREGUÍN-CORTÉS et al., 2016).

Em 2014, foi implantado o Monitor de Secas do México (*Monitor de Sequía em México*), com procedimento semelhante ao que foi anteriormente descrito para o Brasil (Seção 2.4) e os Estados Unidos (Seção 2.5.1). O Monitor mexicano apresenta as mesmas categorias, entretanto sua publicação é quinzenal (CONAGUA, 2019). O produto final é usado não apenas para alertar sobre as condições da seca, mas também para disparar ações reativas quando em eventos de maior intensidade, sempre baseado nos PMPMS (ARREGUÍN-CORTÉS et al., 2016).

A política preventiva de secas do México é recente e está em constante atualização. O país tem buscado o envolvimento de diferentes esferas governamentais e da população afetada, de modo a fortalecer as capacidades locais e reduzir a vulnerabilidade às secas por meio de estratégias adequadas de mitigação e resposta.

2.5.3 Portugal

Portugal apresenta uma situação geográfica favorável a eventos de seca, que costumam ocorrer quando a posição do Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte impede que uma frente polar atinja a Península Ibérica. Consequentemente, a agricultura, a pecuária, os recursos hídricos e a população sofrem grandes impactos (IPMA, 2019).

Durante a seca de 2012, Portugal percebeu a necessidade de revisão do processo de preparação para a seca. Apesar de haver dados e informações de monitoramento, faltava articulação entre as entidades, de modo a conferir certa objetividade à atuação governamental. Para tanto, foi publicado em 2017 o Plano de Prevenção, Monitorização e Contingência para Situações de Seca, de modo a preparar o país para futuras ocorrências. Esse plano encontra-se dividido em três temas principais (PORTUGAL, 2017):

- **Prevenção:** foram identificados mecanismos já existentes acerca do uso racional da água e novas medidas estruturais e não estruturais foram propostas;
- **Monitoramento:** foram definidas as variáveis e os índices de seca a serem utilizados e as responsabilidades de cada entidade envolvida;
- **Contingência:** foi realizada uma sistematização dos procedimentos para detecção de desvios dos parâmetros e índices monitorados, além de definir níveis de alerta, intervenção e medidas para cada estágio e tipo de seca.

O Quadro 2 apresenta os níveis de intervenção e alerta definidos pelo plano, aos quais correspondem diferentes medidas a serem tomadas por diferentes setores: agrícola, urbano, de turismo, industrial, energético e ambiental.

Quadro 2 - Níveis de intervenção e alerta para secas em Portugal.

Tipo de seca	Nível de Ação	Descrição	Nível de Alerta	Categoria de Seca
Seca Agro-meteorológica	A.0	Condições normais ou úmidas	Situação normal	Normal
	A.1	PDSI em seca moderada e SPI fraca a moderada	Pré-alerta	Moderada
	A.2	PDSI em seca severa e SPI moderada a severa	Alerta	Severa
	A.3	PDSI em seca extrema e SPI moderada a severa	Emergência	Extrema
Seca Hidrológica	H.0	Condições normais	Situação normal	Normal
	H.1	Precipitação abaixo do normal provocando ligeiro desvio face à média do nível das reservas hídricas	Pré-alerta	Moderada
	H.2	Agravamento dos sinais prenunciadores de seca afetando os normais níveis das reservas hídricas	Alerta	Severa
	H.3	Persistência e Agravamento da situação de Seca	Emergência	Extrema

Fonte: Adaptado de Portugal (2018) e Portugal (2017).

A preparação portuguesa para secas passou a contemplar todo o ciclo de gestão de desastres (Figura 4), com ações a serem realizadas desde antes da ocorrência da seca, a exemplo da promoção do aproveitamento da água pluvial e reúso de águas residuárias. Com a definição de níveis de alerta e medidas específicas para cada setor, a tendência é que as respostas à seca sejam cada vez mais rápidas e eficientes.

2.5.4 Ceará, Brasil

O estado do Ceará está inserido no Semiárido do Brasil, sendo impactado regularmente com a seca, diversas vezes retratada na literatura brasileira. Em 2015, ainda durante o período de seca iniciado em 2012, o governo do Ceará publicou o Plano Estadual de Convivência com a Seca (CEARÁ, 2015), que consiste em um conjunto de atividades a serem realizadas para atenuar os efeitos da seca no estado.

As medidas estabelecidas pelo plano estão divididas em cinco eixos: conhecimento e inovação, segurança hídrica, segurança alimentar, sustentabilidade econômica e benefícios sociais. Em torno desses eixos, foram definidas ações emergenciais, voltadas para o alívio imediato da população, de modo a garantir o acesso à alimentação, água e benefícios sociais; e ações estruturantes, com políticas públicas de médio e longo prazo, a fim de aumentar a resiliência da sociedade. De modo mais objetivo, as ações estão listadas no plano segundo bacia hidrográfica e municípios para os diferentes níveis de seca: estado de urgência, emergência e alerta (CEARÁ, 2015).

Em 2004, o estado desenvolveu o Índice Municipal de Alerta (IMA), que objetiva medir a vulnerabilidade dos municípios cearenses, para, a partir de então, mitigar os problemas decorrentes das irregularidades climáticas e dos problemas socioeconômicos do estado. Através dos resultados obtidos, são determinadas as intervenções a serem realizadas, bem como os municípios em situação de prioridade (IPECE, 2018).

Para o cálculo do IMA, são considerados 12 indicadores, a saber (IPECE, 2018):

- Produtividade agrícola por hectare;
- Produção agrícola por habitante;
- Utilização da área colhida com culturas de subsistência;
- Perda de safra;
- Proporção de famílias beneficiadas com bolsa família;
- Número de vagas de seguro safra por cem habitantes rurais;
- Climatologia;

- Desvios normalizados de chuva;
- Escoamento superficial;
- Índice de distribuição de chuvas;
- Índice de aridez;
- Situação dos mananciais de água dos sistemas de abastecimento das sedes urbanas.

O Ceará apresenta-se como pioneiro no Brasil em termos de políticas públicas voltadas à seca. A gestão de secas adotada engloba tanto medidas emergenciais, necessárias ao enfrentamento imediato da seca, quanto ações de longo prazo, indicando a preocupação em gerenciar e reduzir os riscos e impactos de eventos futuros.

2.5.5 Plano Nacional de Segurança Hídrica, Brasil

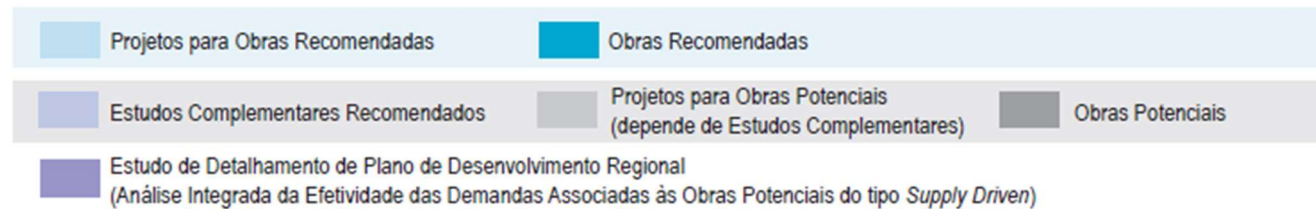
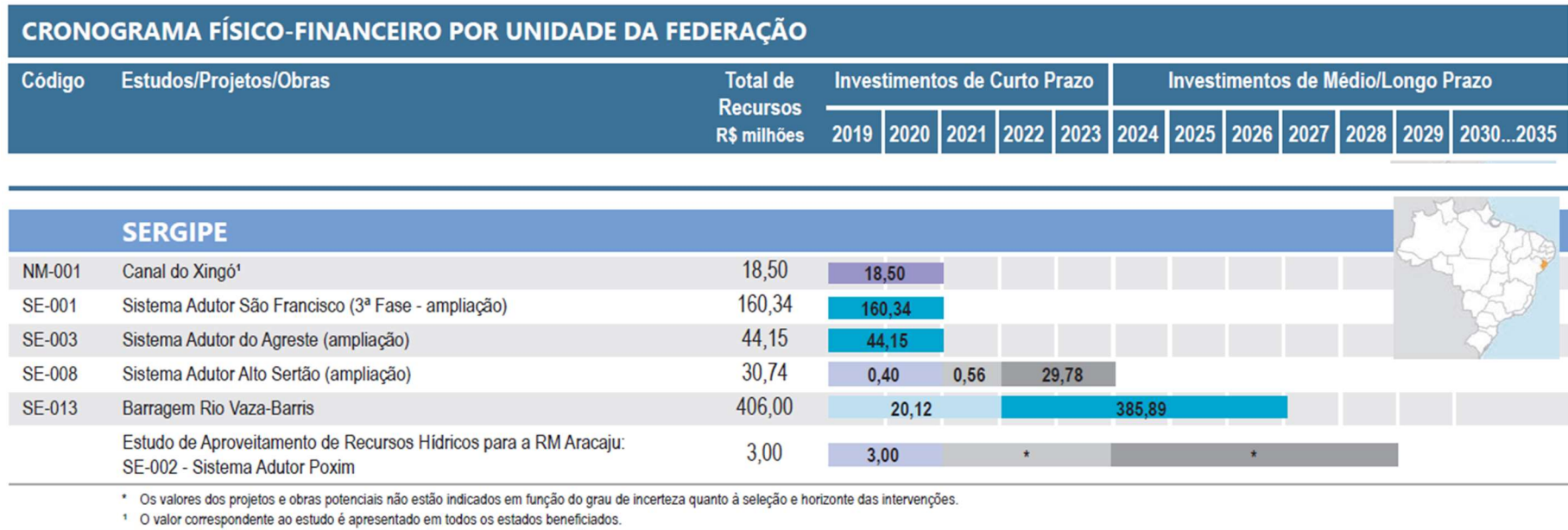
Em abril de 2019, foi lançado no Brasil o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), motivado pelos eventos hidrológicos extremos ocorridos na última década, tanto no Semiárido quanto em outras áreas do território nacional. O plano apresenta-se como um planejamento integrado e estratégico de infraestrutura hídrica para redução dos impactos de eventos de cheias e secas até o ano de 2035 (ANA, 2019c).

As intervenções recomendadas incluem estudos, projetos e obras de barragens, canais, eixos de integração e sistemas adutores de água. Como instrumento para aplicação dos investimentos e execução de tais medidas, foi criado o Programa de Segurança Hídrica (PSH). O PSH organiza os investimentos em três componentes, com base no estágio de desenvolvimento e implementação das ações: estudos e projetos; obras; institucional (operação e manutenção), resultando em um investimento total de R\$ 27,58 bilhões (ANA, 2019c).

A Figura 12 apresenta a parte do cronograma físico-financeiro do PSH referente aos projetos e investimentos para o estado de Sergipe, que consistem, basicamente, em obras de adutoras, barragens e canais até o ano de 2028.

Percebe-se que as medidas do PNSH são do tipo estruturais, que, embora essenciais para a garantia de oferta de água, são insuficientes se não implementadas paralelamente a ações não-estruturais, visando à gestão de risco da seca. Portanto, faz-se necessário que tais medidas sejam acompanhadas de políticas públicas voltadas ao aumento da resiliência da população em aspectos socioeconômicos.

Figura 12 - Cronograma físico-financeiro: Sergipe.



Fonte: ANA (2019c).

3 ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa tem como área de estudo o estado de Sergipe, que está situado na região Nordeste do Brasil, entre os paralelos 9°31'S e 11°33'S e os meridianos 36°25'W e 38°14'W. Conhecido por ser o menor estado da Federação Brasileira, possui extensão territorial de 21.918,44 km² e população estimada de 2.288.116 habitantes (SEPLAG, 2018). Cerca de 71% dos sergipanos ocupam as zonas urbanas dos 75 municípios do estado. O setor de serviços representa 72,2% do produto interno bruto (PIB) estadual, seguido pela indústria (22,75%) e agropecuária (5%) (SEPLAG, 2018, SUDEN/SE, 2014).

O estado encontra-se dividido em oito territórios, apresentados na Figura 13.

Figura 13 - Territórios sergipanos.

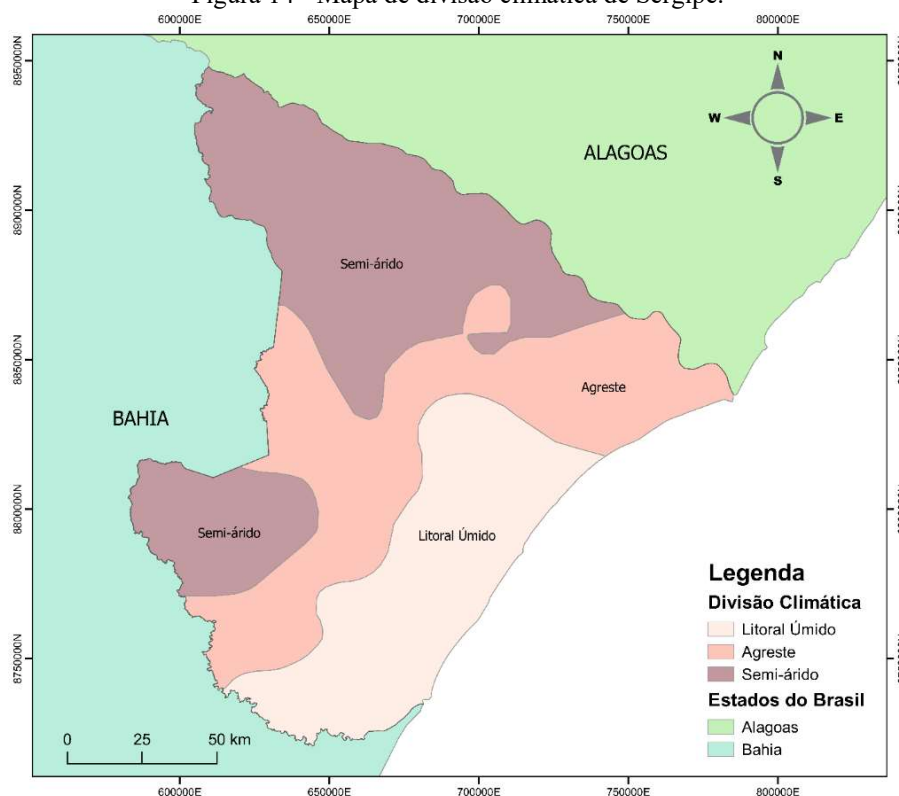


Fonte: Sergipe (2019).

3.1 Características climáticas de Sergipe

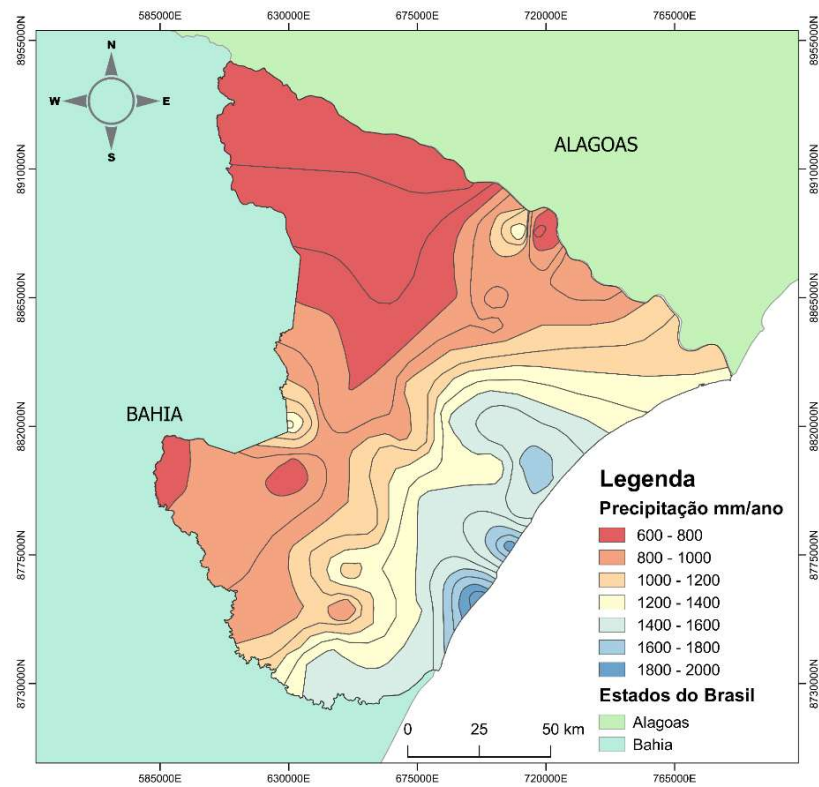
O clima sergipano é caracterizado por temperaturas médias elevadas e pouca variação térmica anual, com amplitude média de 5°C em todo o estado e índices pluviométricos que diminuem do litoral para o interior. Baseado na temperatura e no regime pluvial, o estado pode ser dividido em três zonas climáticas distintas: Tropical Úmido ao Longo do Litoral (Leste), Tropical Sub-Úmido ou de Transição Semiárida (Agreste) e Semiárido (Sertão), representados na Figura 14 (SEPLAG, 2014?). Na Figura 15, pode-se observar a precipitação total anual média em Sergipe, enquanto na Figura 16 tem-se o mapa da temperatura média anual do estado.

Figura 14 - Mapa de divisão climática de Sergipe.



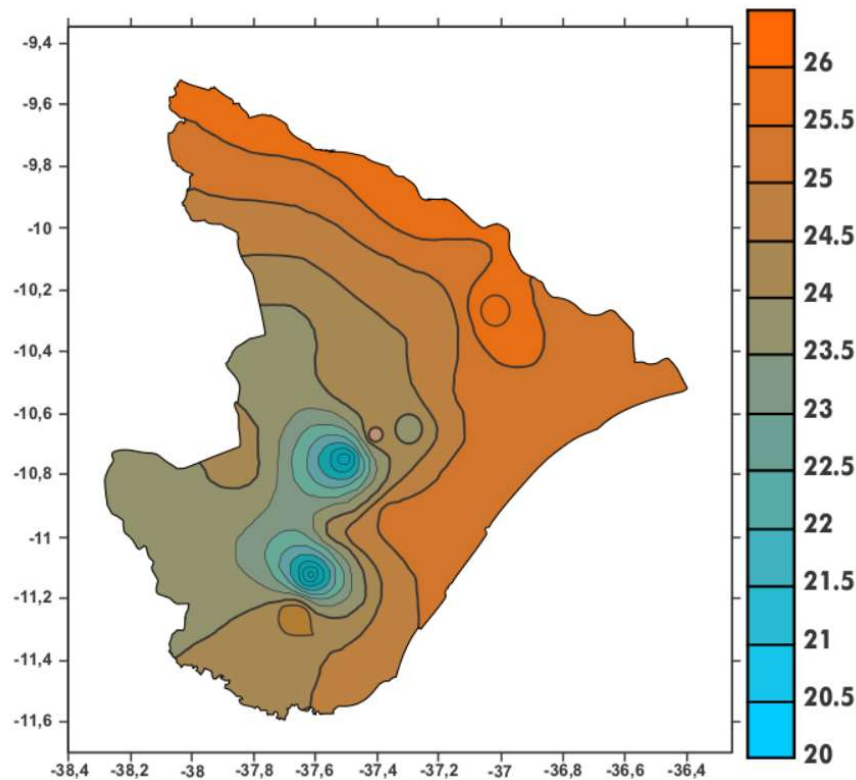
Fonte: SEMARH (2016).

Figura 15 - Mapa de precipitação total anual média em Sergipe (mm).



Fonte: SEMARH (2016).

Figura 16 - Mapa de temperatura média anual (°C) em Sergipe (mm).



Fonte: SEMARH (2013) apud SUDEN/SE (2014).

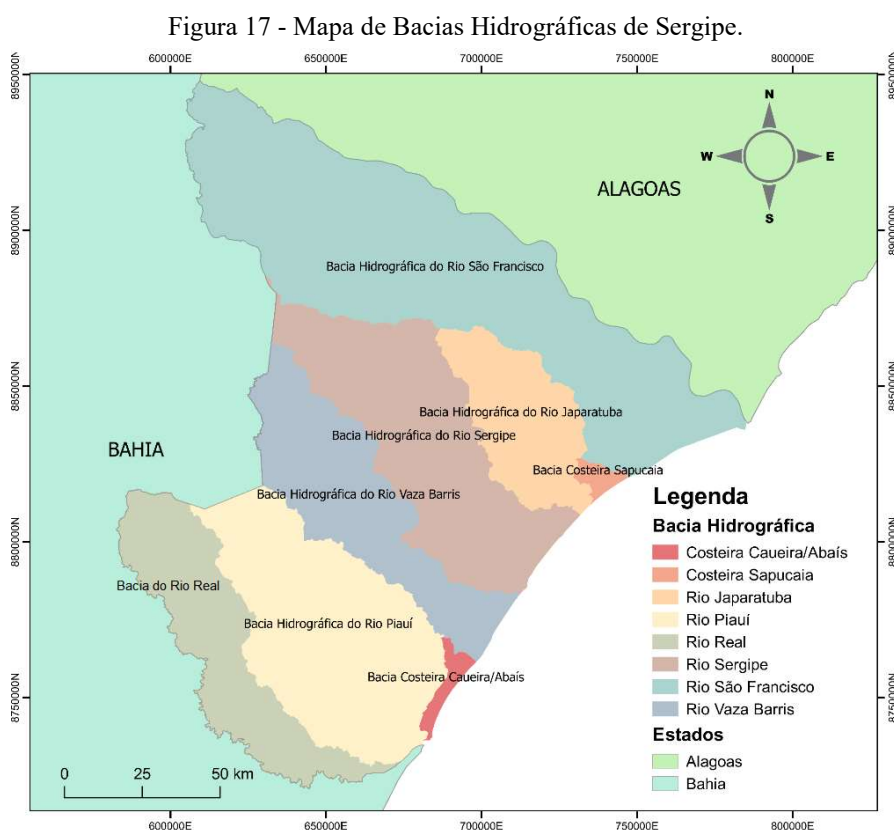
O Leste é marcado por altas precipitações, com média de 1.355 mm/ano e umidade relativa média anual de 80%. A evaporação nessa zona apresenta valores acima de 1.000 mm/ano, com temperaturas médias anuais em torno de 25°C (SUDEN/SE, 2014).

No Agreste, a precipitação é de cerca de 1.000 mm/ano e, assim como no Leste, a estação chuvosa acontece entre abril e agosto, com verão seco entre novembro e janeiro. A temperatura média anual fica em torno de 25°C, mas com umidade relativa de 70%. A evaporação é elevada em relação ao litoral, sendo cerca de 2.000 mm/ano (SUDEN/SE, 2014).

No Semiárido, localizado na parte oeste do estado, a precipitação média é menor que 700 mm/ano, com valores inferiores a 30 mm no verão. A temperatura média anual é de 26°C, com umidade relativa de 65%. A evaporação assume valores maiores que 2.100 mm/ano, sendo que, na maior parte do ano, a evaporação supera a pluviosidade necessária ao plantio (SEPLAG, 2014?).

3.2 Recursos Hídricos de Sergipe

Quanto à Hidrografia, Sergipe está dividido em oito bacias, como mostra a Figura 17. As bacias dos rios São Francisco, Vaza-Barris e Real são de domínio da União, enquanto as demais são bacias estaduais (SNIRH, 2019).



Fonte: SEPLAG (2013) apud SEPLAG (2014?).

A bacia do Rio São Francisco é a maior e mais importante do estado, drenando uma área de 7.184 km². No território sergipano, essa bacia comporta a usina hidrelétrica de Xingó. Além da geração de energia, o Rio São Francisco contribui para irrigação e abastecimento humano (SEAGRI, 2019; SEPLAG, 2014?).

A bacia do Rio Japaratuba possui área geográfica de 1.674,24 km², passando por 18 municípios numa área correspondente a 7,65% do território estadual. Os principais usos dos recursos hídricos na bacia são: irrigação e expansão da cultura da cana-de-açúcar, turismo e lazer, pesca e abastecimento humano e animal (SEAGRI, 2019; SEMARH, 2015a).

Com nascente na Bahia, a bacia do rio Sergipe possui área de 3.693,87 km² no estado de Sergipe, passando por 26 municípios, nos quais a maioria expressiva da população vive em região urbana. Grande parte dos recursos hídricos dessa bacia é voltada para atendimento ao consumo humano, como os rios Poxim e Jacarecica e poços artesianos perfurados na bacia (SEMARH, 2015b; SEPLAG, 2014?).

O Rio Vaza-Barris também nasce no estado do Bahia. Sua bacia, em Sergipe, abrange 14 municípios, passando pelo semiárido, agreste e leste. Ao sul da bacia do Vaza-Barris, tem-se a bacia do Rio Piauí, cujos afluentes de grande porte contribuem para a importância dessa bacia no desenvolvimento da região (SEPLAG, 2014?).

Ao sul do estado, está localizada a bacia do Rio Real, que nasce no município de Poço Verde e está inserida entre os estados de Bahia e Sergipe. Na zona costeira, encontram-se os Grupos de Bacias Costeiras 1 e 2, denominadas de Bacia Costeira do Rio Sapucaia e Bacia Costeira Caueira/Abais, respectivamente. Essas bacias são marcadas por grande influência da ação antrópica e dos processos hidrodinâmicos relacionados ao ambiente marinho e continental (SEPLAG, 2014?).

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos (SEMARH, 2010), a demanda hídrica para o Rio São Francisco representa mais da metade da demanda do estado, com um valor de 269.137.303 m³/ano. A segunda maior demanda é para a bacia do Rio Sergipe, correspondente a 107.979.409 m³/ano. Por ordem decrescente, as demandas das demais bacias são: Vaza Barris (40.235.884 m³/ano), Piauí (39.963.813 m³/ano), Japaratuba (30.496.960 m³/ano), Real (16.058.383 m³/ano) e, por fim, os Grupos Costeiros 2 e 1 com 760.522 e 664.723 m³/ano, respectivamente.

4 METODOLOGIA

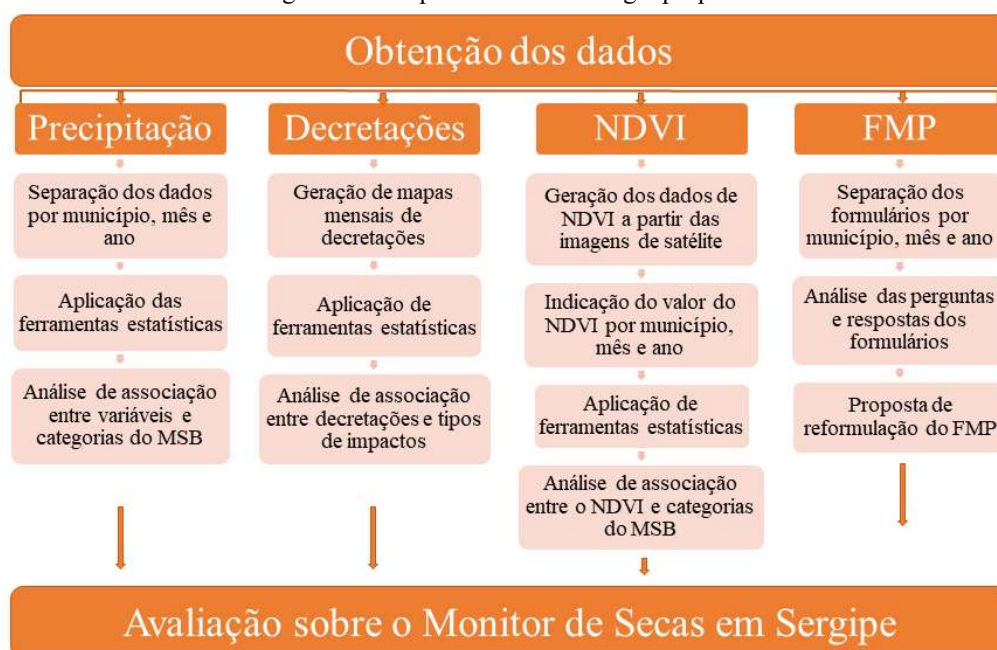
Para verificar a eficiência do Monitor de Secas quanto às definições de seca para o estado de Sergipe, foi considerado o histórico de mapas do MSB de julho de 2018, período em que teve início a etapa de validação no estado, até outubro de 2019.

As categorias e impactos de seca apresentados pelo Monitor foram comparados aos dados climáticos cedidos pela Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SERHMA), aos dados de NDVI obtidos a partir de imagens de satélite da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos (NASA, *National Aeronautics and Space Administration*) (NASA, 2019) e às decretações de seca e estiagem do Departamento Estadual de Proteção e Defesa Civil (DEPEC, 2019).

Foi feita uma avaliação de associação entre as variáveis climáticas do estado e as categorias de seca do Monitor através da análise de tabelas de contingência, do teste de independência do Qui-Quadrado e do coeficiente V de Cramer, descritos nas seções seguintes. De modo semelhante, as decretações de seca e estiagem foram utilizadas para comparação com a indicação de impactos de curto e longo prazo nos mapas do Monitor. As perguntas e respostas dos formulários, por sua vez, foram confrontadas à descrição das categorias do Monitor indicadas na tabela de impactos para proposta de reformulação do FMP (Tabela 2).

A Figura 18 apresenta um esquema resumido da metodologia proposta para esta pesquisa, cujas etapas são descritas nos itens subsequentes.

Figura 18 - Esquema da metodologia proposta.



Fonte: Elaborada pela autora.

4.1 Obtenção e preparação dos dados

Para a realização desta pesquisa, os dados necessários foram:

- Categorias e tipos de impactos mensais do Monitor de Secas por município;
- Valores médios mensais de NDVI por município;
- Acumulados mensais, trimestrais e semestrais de precipitação por município;
- Valores mensais, trimestrais e semestrais de anomalia de precipitação por município;
- Formulários Mínimo Padrão por município;
- Decretações de seca e estiagem pela Defesa Civil Estadual.

O período considerado tem início a partir de julho de 2018, quando se iniciou a validação do Monitor em Sergipe. Portanto, todos os itens acima citados correspondem ao período de julho de 2018 a outubro de 2019.

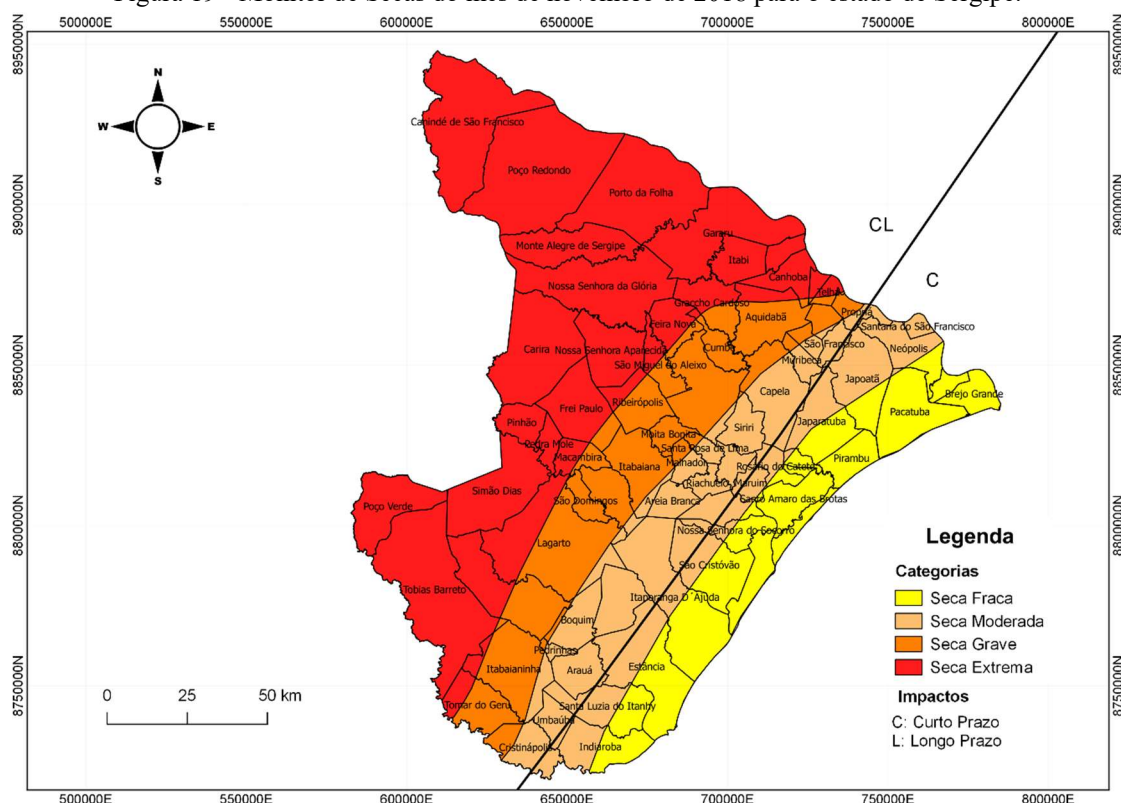
Dados de precipitação e suas anomalias, NDVI e os Formulários Mínimo Padrão foram escolhidos para este trabalho por serem as principais fontes de informação de que os validadores dispõem durante a etapa de validação. Adicionalmente, as decretações da Defesa Civil foram utilizadas com o objetivo de verificar se há entendimento comum acerca da seca em âmbitos federal e estadual.

4.1.1 Categorias e impactos do MSB

Após a publicação dos mapas mensais, o site do Monitor de Secas (ANA, 2019a) os disponibiliza para a sociedade em formato compatível com o programa de geoprocessamento QGIS. Por meio desse *software*, foi possível fazer um recorte de Sergipe a partir dos mapas originais. Além disso, foi adicionada uma camada correspondente à divisão do estado em municípios, conforme a Figura 19. Desse modo, foram identificados os níveis de severidade da seca (sem seca, fraca, moderada, grave, extrema, excepcional) e o tipo de impacto (C, L ou CL) para cada município e mês.

Nos casos em que houve mais de uma categoria por município, foi considerada a condição mais rigorosa da seca, uma vez que o MSB deve orientar as políticas públicas e as populações mais vulneráveis aos impactos da seca devem ser prioritárias. Para o tipo de impacto, as piores situações, em ordem decrescente, são curto e longo prazos (CL), longo prazo (L) e curto prazo (C).

Figura 19 - Monitor de Secas do mês de novembro de 2018 para o estado de Sergipe.



Fonte: Elaborado a partir de ANA (2019a) e SEMARH (2016).

Como exemplo, no Apêndice B são apresentadas as categorias e o tipo de impacto para cada município de Sergipe nos meses de julho e agosto de 2018.

4.1.2 NDVI

Os valores médios mensais de NDVI por município foram obtidos a partir das imagens de satélite disponibilizadas pela NASA (NASA, 2019). Foi utilizado o produto MOD13Q1 do sensor MODIS sob a forma das imagens do NDVI, com resolução de 250 m e composição de 16 dias. Foram adquiridas imagens desde a primeira quinzena de julho de 2018 até a última quinzena de outubro de 2019. O programa QGIS foi utilizado para o processamento dos dados.

Para representar todo o estado de Sergipe, foram necessárias imagens de duas cenas. Assim, para cada mês, foi feito o *download* de quatro cenas (referentes às duas quinzenas do mês). O passo a passo para obtenção do NDVI médio mensal por município foi o seguinte:

1. Fazer o *download* das imagens do produto MOD13Q1 do sensor MODIS para o estado de Sergipe;
2. No QGIS, salvar cada imagem, originalmente no formato HDF, no formato Geotiff e reprojeter para o sistema de referências SIRGAS 2000;
3. Unir as quatro cenas referentes às duas quinzenas do mês em um único arquivo;

4. Utilizar o arquivo “município” do Atlas Digital de Sergipe (SEMARH, 2016), no formato Shapefile e sistema de referências SIRGAS 2000, para fazer o recorte do NDVI do estado de Sergipe;
5. Corrigir a escala do mapa através da ferramenta “calculadora raster” do QGIS, por meio do fator 0,00000001;
6. Dividir o mapa em seis intervalos iguais, de 0 a 1;
7. Utilizar a ferramenta “estatística zonal” do QGIS para obter o NDVI médio para cada município (zonas).

A correção de escala foi necessária pois o produto MOD13Q1 considera o NDVI no intervalo [-2000, 10000] com fator de escala 0,0001 (DIDAN et al., 2015). Como se desejava obter valores entre 0 e 1 (que correspondem à vegetação), o fator de escala aplicado foi, portanto, 0,00000001.

A divisão do NDVI em seis intervalos iguais de 0 a 1 foi realizada para que os mapas gerados estivessem na mesma formatação dos relatórios climáticos da SERHMA, que continham informações de NDVI por meio de imagens (mapas) em formato PDF e eram consultados na etapa de validação.

Por meio desse procedimento, foram obtidos valores médios de NDVI para cada município durante o período em estudo (julho de 2018 a outubro de 2019). No Apêndice C estão apresentados os mapas de NDVI gerados para os meses de julho e agosto de 2018.

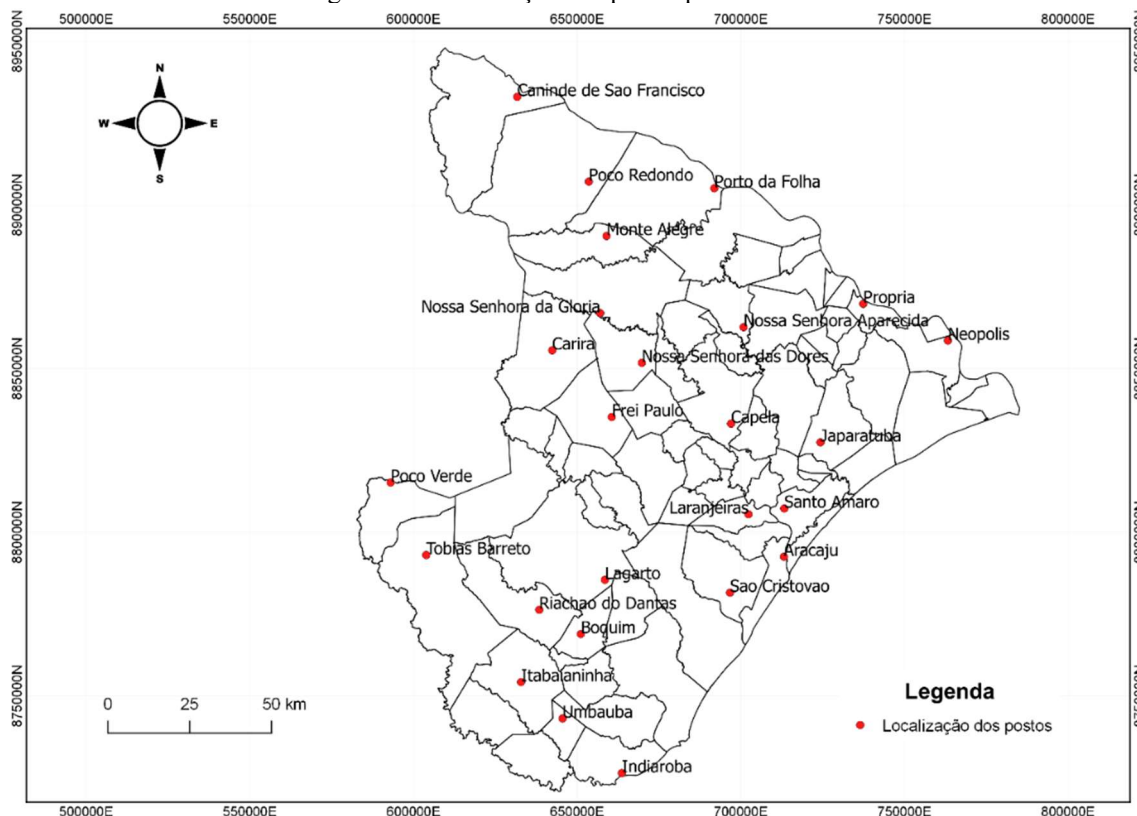
4.1.3 Precipitação e anomalias

A SERHMA fornece, mensalmente, os registros de precipitação nos postos pluviométricos do estado de Sergipe para o comitê técnico-científico estadual do Monitor de Secas. Além disso, também disponibilizou para esta pesquisa as séries históricas de precipitação mensal para os seguintes postos, cuja localização é apresentada na Figura 20:

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| • Aracaju; | • Japaratuba; |
| • Boquim; | • Lagarto; |
| • Canindé do São Francisco; | • Laranjeiras; |
| • Capela; | • Monte Alegre de Sergipe; |
| • Carira; | • Nossa Senhora Aparecida; |
| • Frei Paulo; | • Nossa Senhora da Glória; |
| • Indiaroba; | • Nossa Senhora das Dores; |
| • Itabaianinha; | • Neópolis; |

- Poço Redondo;
- Poço Verde;
- Porto da Folha;
- Propriá;
- Riachão do Dantas;
- Santo Amaro das Brotas;
- São Cristóvão;
- Tobias Barreto;
- Umbaúba.

Figura 20 - Localização dos postos pluviométricos.



Fonte: Elaborada pela autora.

A partir das séries históricas de precipitação mensal, foi possível gerar as séries históricas de anomalia, calculando-se a diferença entre o registro mensal e a média de longo prazo correspondente. De modo semelhante, foram geradas séries de precipitação trimestral e semestral (acumulando-se a precipitação dos três e seis últimos meses) e de anomalia de precipitação trimestral e semestral (diferença entre a média histórica do acumulado trimestral/semestral e o valor acumulado no último trimestre/semestre).

As falhas das séries históricas foram desconsideradas, uma vez que para a metodologia de cálculo adotada (descrita no Item 4.2), necessita-se apenas de intervalos de confiança para as médias mensais, trimestrais e semestrais, que foram obtidos com sucesso a partir dos registros existentes.

4.1.4 Formulários Mínimo Padrão e Decretações da Defesa Civil

Os formulários preenchidos pelos técnicos da EMDAGRO e da Defesa Civil são entregues mensalmente ao comitê-técnico científico do Monitor. É importante destacar que nem todos os municípios sergipanos respondem ao FMP com regularidade. Assim, não existem 75 formulários por mês. Além disso, no mês de dezembro de 2018 não foi recebido nenhum formulário.

As respostas do formulário foram dispostas em planilhas, separadas por mês e por municípios de cada território sergipano, cuja delimitação foi apresentada na Figura 13, para facilitar a análise da situação existente em cada região.

As decretações de seca e estiagem, por sua vez, estão disponíveis no site da Defesa Civil Estadual (DEPEC, 2019). Foram utilizadas, nesta pesquisa, as decretações ocorridas entre os meses de julho de 2018 a março de 2019, já que a Defesa Civil passou a se basear nos mapas do Monitor a partir de abril de 2019. Posteriormente, foi feita uma nova análise com o acréscimo das decretações entre abril e outubro de 2019 para verificar a influência da consulta ao Monitor nas situações de emergência.

Em geral, as decretações possuem duração maior que um mês. Logo, os municípios foram considerados em situação de seca ou estiagem desde o início até o vencimento da decretação. As situações de emergência decretadas nos meses de julho e agosto de 2018 estão apresentadas no Apêndice D como exemplos.

4.2 Associação entre dados climáticos e categorias do MSB

Esta etapa do trabalho objetivou verificar se há associação entre os dados climáticos disponíveis para os validadores e as categorias de seca consolidadas pelo MSB. Para isso, foram necessárias informações acerca das categorias de seca em cada município, a serem associadas aos dados de precipitação, anomalias e NDVI.

Para essa análise, foram utilizadas tabelas de contingência, o teste de independência do Qui-Quadrado e o coeficiente V de Cramer, descritos a seguir.

4.2.1 Tabelas de contingência

Tabelas de contingência consistem em uma distribuição conjunta de frequência e são utilizadas quando os n elementos de uma amostra podem ser categorizados por diferentes critérios, de modo a identificar se dois métodos de classificação estão estatisticamente associados (MONTGOMERY; RUNGER, 2014).

Para a construção das tabelas, considerando que o primeiro método tenha r níveis e o segundo tenha c , O_{ij} representa a frequência observada para o nível i do primeiro método de classificação (linhas) e nível j para o segundo (colunas). Assim, os dados, em geral, aparecem como na Tabela 3.

Tabela 3 - Tabela de contingência $r \times c$.						
	Colunas				Total	
	1	2	...	c		
Linhas	1	O_{11}	O_{12}	...	O_{1c}	$\sum_{j=1}^c O_{1j}$
	2	O_{21}	O_{22}	...	O_{2c}	$\sum_{j=1}^c O_{2j}$
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
	r	O_{r1}	O_{r2}	...	O_{rc}	$\sum_{j=1}^c O_{rj}$
Total	$\sum_{i=1}^r O_{i1}$	$\sum_{i=1}^r O_{i2}$...	$\sum_{i=1}^r O_{ic}$	$\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c O_{ij}$	

Fonte: Montgomery e Runger (2014).

Os valores $\sum_{j=1}^c O_{ij}$, $\sum_{i=1}^r O_{ij}$ e $\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c O_{ij}$ representam os totais de linha, de coluna e o total de observações, respectivamente. Os totais de linha e coluna também podem ser chamados de distribuições marginais (OGLIARI; ANDRADE, 2005).

É importante destacar que, como geralmente os totais marginais são diferentes, pode ser difícil interpretar os valores apenas com a distribuição das frequências (OGLIARI; ANDRADE, 2005). Desse modo, após a construção das tabelas de contingência, foram calculadas frequências relativas, em porcentagem, em relação ao total de cada coluna. Assim, pôde-se analisar a influência das variáveis climáticas na classificação do Monitor.

De modo geral, as tabelas de contingência representam a distribuição conjunta de frequência das observações climáticas e categorias do Monitor para os meses de julho de 2018 a outubro de 2019, para todo o estado de Sergipe. A categorização das linhas corresponde aos níveis de seca do Monitor: sem seca, seca fraca, seca grave, seca moderada e seca extrema. Como não houve municípios em seca excepcional durante o período avaliado, essa categoria foi excluída. Para as colunas, foi considerada uma classificação própria para cada variável climática analisada, o que será explicado nos itens a seguir.

4.2.1.1 Categorias do MSB *versus* precipitação

Para a precipitação (mensal, trimestral ou semestral), as colunas representaram as categorias “acima da média”, “dentro da média” e “abaixo da média”. De modo a conferir maior confiabilidade a essa análise, foram calculados intervalos de confiança (IC_f) em torno da média para todos os meses e postos pluviométricos considerados.

Intervalos de confiança são determinados por dois números, calculados a partir de uma amostra, que contêm o valor de determinado parâmetro com nível de confiança $(1 - \alpha)\%$, em que α é o nível de significância considerado (MARTINS; DOMINGUES, 2017).

Quando a variância da população é desconhecida, como é o caso das séries históricas de precipitação, o IC_f para média populacional é determinado por $\bar{X} - t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}}$ (MARTINS; DOMINGUES, 2017), em que \bar{X} é a média amostral, $t_{\frac{\alpha}{2}}$ é a estatística t de Student com $(n - 1)$ graus de liberdade e nível de significância α , S é o desvio-padrão da amostra, n é o número total de elementos da amostra e μ é a média populacional. Nesta pesquisa, foi considerado valor de α de 5%, conforme usualmente adotado.

Assim, os valores observados de precipitação (mensal, trimestral e semestral) de julho de 2018 a outubro de 2019 para cada posto foram comparados ao IC_f da média mensal do município correspondente, classificados em “abaixo da média”, “dentro da média” e “acima da média” e contabilizados na tabela de contingência.

Observe-se que, nesta etapa, os municípios sem postos pluviométricos em funcionamento não foram considerados. Assim, o número de observações na tabela de contingência foi de 400 (25 postos pluviométricos \times 16 meses).

4.2.1.2 Categorias do MSB *versus* anomalia

Durante o processo de validação, a anomalia indica o quão distante da média se encontram as chuvas, tanto positiva quanto negativamente. Ou seja, a anomalia de precipitação mede os desvios de chuva em relação à média. Assim, a classificação adotada nas colunas das tabelas de contingência referentes à anomalia (mensal, trimestral ou semestral) foi a seguinte (sendo S o desvio-padrão da amostra):

- À esquerda do intervalo $(-S, S)$;
- Dentro do intervalo $[-S, S]$;
- À direita do intervalo $(-S, S)$.

Segundo a regra empírica para interpretação do desvio-padrão, o intervalo $(\bar{X} \pm S)$, em que \bar{X} é a média da amostra e S é o desvio-padrão da amostra contém entre 60% e 80% de todas as observações (MARTINS; DOMINGUES, 2017).

Assim como no item anterior, o número total de observações foi de 400 (25 postos pluviométricos \times 16 meses).

4.2.1.3 Categorias do MSB *versus* NDVI

Conforme explicado no Item 2.4.4-e, os valores do NDVI relacionados ao solo e à vegetação variam de 0 a 1, indicando maior desenvolvimento e saúde vegetal quanto mais próximos de 1.

Para as colunas da tabela de contingência, os valores médios de NDVI por município foram classificados em quatro intervalos iguais:

- De 0,00 a 0,25;
- De 0,25 a 0,50;
- De 0,50 a 0,75;
- De 0,75 a 1,00.

Apesar de os mapas de NDVI recebidos pelo comitê de validação de Sergipe apresentarem classificação em seis intervalos iguais, esse número foi reduzido a quatro para que fossem respeitadas as restrições do teste de independência do Qui-Quadrado (Item 4.2.2).

O número total de observações na tabela de categorias do MSB *versus* NDVI foi de 1200 (75 municípios \times 16 meses).

4.2.2 Teste de independência do Qui-Quadrado

O teste de independência do Qui-Quadrado é um teste de hipótese não paramétrico que objetiva determinar se há diferenças estatisticamente significativas entre as frequências observadas para dois grupos independentes. Essa técnica costuma ser utilizada para analisar a associação entre duas variáveis, podendo ser utilizada para dados nominais ou agrupados em intervalos (KRASKA-MILLER, 2014).

Como hipótese nula (H_0), tem-se que os métodos de classificação linha e coluna são independentes. Ao rejeitar essa hipótese, conclui-se que há interação entre os dois critérios de classificação (MONTGOMERY; RUNGER, 2014).

Seja p_{ij} a probabilidade de um elemento aleatoriamente selecionado pertencer à célula ij , caso as classificações sejam independentes. Então $p_{ij} = u_i v_j$, sendo u_i a probabilidade de o

elemento ser da linha i e v_j a probabilidade de o elemento ser da coluna j . Desse modo, se as classificações são independentes, os estimadores para u_i e v_j são:

$$\hat{u}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^c O_{ij} \quad (3)$$

$$\hat{v}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r O_{ij} \quad (4)$$

Havendo independência entre as classificações, a frequência esperada (E_{ij}) para cada célula é dada por:

$$E_{ij} = n \hat{u}_i \hat{v}_j = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^c O_{ij} \sum_{i=1}^r O_{ij} \quad (5)$$

em que $\sum_{j=1}^c O_{ij}$ e $\sum_{i=1}^r O_{ij}$ são totais marginais da tabela de contingência e n é o número total de observações.

A estatística de teste χ_0^2 , dada pela Equação 6, tem uma distribuição aproximada Qui-Quadrado com $(r - 1)(c - 1)$ graus de liberdade se a hipótese nula for verdadeira (MARTINS; DOMINGUES, 2017).

$$\chi_0^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (6)$$

A hipótese de independência é rejeitada se χ_0^2 for maior que $\chi_{\alpha, (r-1)(c-1)}^2$, valor tabelado, dado facilmente pela função *inv.quiqua* do programa *Excel* versão 2016, em que α é o nível de significância considerado. Nesse caso, conclui-se, com risco α , que as variáveis são dependentes, ou estão associadas (MARTINS; DOMINGUES, 2017).

No caso de rejeição de H_0 , a probabilidade de as diferenças existentes entre as variáveis estudadas serem devidas ao acaso é pequena, ou seja, o valor-p, menor nível de significância que levaria à rejeição da hipótese nula a partir dos dados fornecidos, é muito pequeno (MONTGOMERY; RUNGER, 2014). Assim, se o valor-p, obtido por meio da função *teste.quiqua* do Excel 2016, é menor que α , rejeita-se a H_0 .

O teste do Qui-Quadrado é baseado na diferença entre o número de observações e a frequência esperada para cada célula da tabela de contingência. Se as variáveis estudadas são independentes, os valores esperados para determinado nível de uma classificação devem ter a mesma proporção dos demais níveis. Quando isso não acontece, grandes diferenças entre observações e valores esperados resultam em maiores valores de χ_0^2 , indicando valor-p estatisticamente significativo, levando à rejeição da hipótese nula (KRASKA-MILLER, 2014).

Para a aplicação do teste do Qui-Quadrado, algumas restrições devem ser obedecidas (KRASKA-MILLER, 2014):

- Os valores esperados devem ser maiores que zero ($E_{ij} > 0$);

- Não mais de 20% das células deve ter valor esperado menor que cinco ($E_{ij} < 5$) para amostras grandes.

Devido a tais ressalvas, não foi possível analisar a eficiência do Monitor para cada território (Figura 13) ou região climática (Figura 14) do estado.

4.2.3 Coeficiente V de Cramer

Conforme Kraska-Miller (2014), no teste do Qui-Quadrado, um pequeno valor-p indica forte evidência de associação, mas provê pouca informação acerca da força da associação entre as variáveis. Por esse motivo, neste trabalho, foi calculado o coeficiente V de Cramer, uma medida não-paramétrica de associação entre duas variáveis, que pode ser aplicada quando alguma das variáveis possui escala nominal e é dado pela Equação 7 (MARTINS; DOMINGUES, 2017):

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2_0/n}{\min(r-1, c-1)}} \quad (7)$$

em que n é o número de observações, r e c representam o número de linhas e colunas, respectivamente, da tabela de contingência.

Esse coeficiente varia entre 0 e 1, indicando o grau de associação ou dependência entre duas variáveis submetidas ao teste do Qui-Quadrado. Quanto mais próximo de 1 for o coeficiente V , maior a associação entre as variáveis, conforme indica o Quadro 3.

Quadro 3 - Regra para interpretação do coeficiente V de Cramer.

Coeficiente V	Classificação
0	Nenhuma associação
< 0,30	Associação muito fraca ou insignificante
0,30 a 0,70	Associação fraca a forte
> 0,70	Forte associação
1	Associação perfeita

Fonte: Adaptado de Kraska-Miller (2014).

Por meio do cálculo do V , associado ao resultado do teste do Qui-Quadrado, foi possível analisar a significância da associação existente entre a representação de Sergipe pelo MSB e as variáveis climáticas observadas no estado.

Um resumo do procedimento descrito nos Item 4.2 é:

1. Contabilizar, a partir dos mapas mensais do MSB o número de municípios nas categorias sem seca, seca fraca, seca moderada, seca grave e seca extrema para todo o estado de Sergipe durante o período de julho de 2018 a outubro de 2019;

2. Identificar as ocorrências de precipitação mensal, trimestral e semestral acima, dentro e abaixo da média para cada posto pluviométrico no período estudado;
3. Definir o número de casos de municípios, no período considerado, com anomalias de precipitação mensal, trimestral e semestral à esquerda do intervalo $(-S, S)$, dentro do intervalo $[-S, S]$ e à direita do intervalo $(-S, S)$;
4. Classificar o NDVI dos 75 municípios do estado durante julho de 2018 a outubro de 2019 nas categorias de 0,00 a 0,25, de 0,25 a 0,50, de 0,50 a 0,75 e de 0,75 a 1,00;
5. Construir tabelas de contingência contendo nas linhas as categorias do monitor e, nas colunas, a classificação própria de cada variável climática;
6. Aplicar o teste de independência do Qui-Quadrado;
7. Calcular o coeficiente V de Cramer.

4.3 Associação entre decretações de seca e estiagem e impactos do MSB

Além da análise de associação entre o MSB e as variáveis climáticas, foi verificado se as indicações do tipo de impacto nos mapas condizem com as decretações de seca e estiagem da Defesa Civil Estadual, uma vez que um dos objetivos da implementação do Monitor é melhorar o entendimento comum da seca entre as esferas da administração.

Na prática, a Defesa Civil tem utilizado as informações do Monitor desde maio de 2019. Por isso, inicialmente, foram consideradas apenas as decretações de julho de 2018 a abril de 2019, quando os mapas não eram consultados.

Assim como no Item 4.2, foram utilizadas tabelas de contingência, teste do Qui-Quadrado e coeficiente V de Cramer. Nas tabelas de contingência, as linhas indicam as decretações de seca e estiagem, enquanto as colunas são “impactos de curto prazo” e “impactos de longo ou curto e longo prazos”. Desse modo, tem-se o seguinte roteiro:

1. Contabilizar, a partir dos mapas mensais do MSB o número de municípios com impactos de curto (C), longo (L) e curto e longo (CL) prazos durante o período de julho de 2018 a outubro de 2019;
2. Agrupar os municípios com impactos L e CL;
3. Definir o número de decretações de seca e estiagem durante o período de julho de 2018 a março de 2019;
4. Construir tabelas de contingência contendo nas linhas as situações de emergência devido à seca ou estiagem e, nas colunas, o tipo de impacto do MSB;

5. Aplicar o teste de independência do Qui-Quadrado;
6. Calcular o coeficiente V de Cramer.

Após essa análise, o procedimento foi repetido para o período de julho de 2018 a outubro de 2019, a fim de verificar se a consulta aos mapas do Monitor pela Defesa Civil Estadual, a partir de abril de 2019, influenciaria os resultados da análise de associação entre os mapas e as decretações.

4.4 Formulário Mínimo Padrão e observação de impactos

Os relatos recebidos mensalmente dos municípios através dos Formulários Mínimo Padrão (Anexo A) têm a função de refletir a severidade da seca ocorrida localmente. A visão dos observadores locais é de extrema importância para validação do Monitor, uma vez que, para definir um estado de seca, faz-se necessário analisar a vulnerabilidade e a exposição da sociedade ao fenômeno.

A experiência da autora no processo de validação tem revelado certa subjetividade nas perguntas do formulário, o que dificulta a associação entre seu conteúdo e as informações a serem apresentadas nos mapas, ou seja, apesar do grande valor presente no olhar do observador, a tradução das respostas dos FMPs em termos de categoria de seca e tipos de impacto torna-se uma tarefa difícil.

Nesse contexto, foi feita uma análise das cinco perguntas constantes no formulário sob o aspecto da descrição das categorias de seca do MSB. Em seguida, foi proposta uma reformulação do FMP, a fim de facilitar a compreensão tanto daqueles que irão respondê-lo quanto dos validadores que irão interpretá-lo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar a eficiência do Monitor de Secas para o estado de Sergipe, a metodologia adotada confrontou dados climáticos e decretações de seca e estiagem da Defesa Civil aos mapas do Monitor. Adicionalmente, foi analisada a contribuição dos Formulários Mínimo Padrão para a validação, baseada na experiência da autora no processo.

O Monitor de Secas é uma ferramenta de monitoramento que vem ganhando destaque no cenário nacional, com a tendência de tornar-se meio de suporte à aplicação de políticas públicas de mitigação de impactos da seca. Uma vez que esse fenômeno acarreta consequências como fome, sede e desemprego a milhares de pessoas, faz-se necessário que as informações contidas no Monitor sejam dotadas do máximo de veracidade possível.

O entendimento de que o processo adotado precisa de melhorias é essencial na busca do fortalecimento da gestão de secas no Brasil, de modo a possibilitar o desenvolvimento futuro de medidas características de gestão de riscos, ou seja, de preparação para a seca.

5.1 Associação entre os dados climáticos e categorias do MSB

As categorias de seca segundo o MSB por município sergipano (conforme Apêndice B) foi contabilizada para cada mês (de julho de 2018 a outubro de 2019), considerando-se sempre a pior situação. Já para a classificação das precipitações, foram calculados intervalos de confiança, a fim de contar, no período estudado, o número de casos abaixo, dentro e acima da média.

Conhecendo-se, então, a categoria de seca em cada município com posto pluviométrico ativo, bem como a classificação das precipitações mensal (Apêndice E), trimestral (Apêndice F), e semestral (Apêndice G), foram construídas tabelas de contingência, a partir das quais foi possível fazer análises de associação entre as variáveis, aplicar o teste do Qui-Quadrado e calcular o coeficiente V de Cramer.

De modo complementar, foram também avaliados dados de anomalias de precipitação, que representam o quão distante da média estiveram as chuvas observadas. Assim, quanto maiores os desvios negativos de precipitação, mais severas são as categorias de seca esperadas.

A partir das séries históricas, a classificação das anomalias (mensal, trimestral e semestral) foi feita para cada mês e posto pluviométrico, baseada no desvio-padrão (S), resultando nas seguintes categorias: à esquerda, dentro e à direita do intervalo que vai de $-S$ a S . Exemplos dessa divisão da anomalia, relacionada à categoria do MSB de cada mês,

encontram-se nos Apêndice H, I e J para anomalias mensais, trimestrais e semestrais, respectivamente. Os resultados encontrados são discutidos a seguir.

5.1.1 Tabelas de contingência

A tabela de contingência para categorias do MSB *versus* precipitações mensais é apresentada na Tabela 4. Cada célula (O_{ij}) indica o número de observações correspondentes à categoria i do Monitor e à classificação j da precipitação (abaixo, dentro ou acima da média). Assim, vê-se, por exemplo, na célula $O_{5,1}$, que 59 casos de chuvas abaixo da média foram classificados pelo MSB em seca extrema.

Tabela 4 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs precipitações mensais.

	Abaixo da média	Dentro da média	Acima da média	Total
Sem seca	16	16	20	52
Seca fraca	46	9	18	73
Seca moderada	51	17	28	96
Seca grave	67	16	21	104
Seca extrema	59	10	6	75
Total	239	68	93	400

Do total de 400 observações, cerca de 60% foram de chuvas mensais abaixo da média, revelando que o período estudado foi predominantemente seco. 17% das precipitações mensais esteve dentro do normal e 23% acima da média. Dentre as categorias, a de seca grave foi a mais recorrente (26%), seguida pela seca moderada (24%), seca extrema (19%), seca fraca (18%) e sem seca (13%).

Para precipitações trimestrais, foi construída a Tabela 5. Dos 400 elementos da amostra, 65,25% esteve com precipitações trimestrais abaixo da média durante o período estudado, valor ainda maior que para precipitações mensais. Foram 14,5% dentro do normal e 20,25% acima da média. Para as categorias, não houve alteração em relação às precipitações mensais, visto que o período estudado é o mesmo.

Tabela 5 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs precipitações trimestrais.

	Abaixo da média	Dentro da média	Acima da média	Total
Sem seca	22	6	24	52
Seca fraca	48	8	17	73
Seca moderada	52	12	32	96
Seca grave	80	17	7	104
Seca extrema	59	15	1	75
Total	261	58	81	400

Para precipitações semestrais, a tabela de contingência é apresentada na Tabela 6. Das 400 observações, 70,5% são de chuvas abaixo da média, valor superior aos encontrados para precipitações mensais e trimestrais. Já para chuvas semestrais dentro e abaixo da média, esse percentual foi de 10,5% e 19%, respectivamente, valores menores que os anteriores. Percebe-se que os períodos maiores que um mês apresentaram maior número de ocorrências abaixo da média, indicando maiores déficits de precipitação a longo prazo.

Tabela 6 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs precipitações semestrais.

	Abaixo da média	Dentro da média	Acima da média	Total
Sem seca	25	12	15	52
Seca fraca	45	9	19	73
Seca moderada	53	6	37	96
Seca grave	85	14	5	104
Seca extrema	74	1	0	75
Total	282	42	76	400

Para as anomalias mensais, a tabela de contingência é apresentada na Tabela 7. Do total de observações, cerca de 18,25% das anomalias teve valor negativo maior que um desvio padrão, ou seja, ficou à esquerda do intervalo $(-S, S)$, enquanto apenas 10,5% teve anomalia positiva maior que um desvio padrão. Desse modo, durante o período estudado, 71,25% das chuvas tiveram anomalias, tanto positivas quanto negativas, menores que o valor correspondente a um desvio padrão.

Tabela 7 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs anomalias mensais.

	À esquerda de $(-S, S)$	No intervalo $[-S, S]$	À direita de $(-S, S)$	Total
Sem seca	4	41	7	52
Seca fraca	19	45	9	73
Seca moderada	16	63	17	96
Seca grave	28	68	8	104
Seca extrema	6	68	1	75
Total	73	285	42	400

Para as anomalias trimestrais (Tabela 8), observa-se que o número de ocorrências à esquerda do intervalo $(-S, S)$ aumentou em relação às anomalias mensais, passando de 18,25% para 28,25%. Ou seja, observando-se o trimestre, as anomalias negativas de chuva maiores que o valor de um desvio padrão foram mais frequentes do que para as anomalias mensais. Os casos à direita e dentro de $(-S, S)$ foram menos recorrentes do que anteriormente, com valor de 9,5% e 62,25%, respectivamente.

Tabela 8 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs anomalias trimestrais.

	À esquerda de $(-S, S)$	No intervalo [$-S, S$]	À direita de $(-S, S)$	Total
Sem seca	4	38	10	52
Seca fraca	21	44	8	73
Seca moderada	26	53	17	96
Seca grave	34	67	3	104
Seca extrema	28	47	0	75
Total	113	249	38	400

Finalmente, para anomalias semestrais, como pode ser observado na Tabela 9, o número de observações à esquerda do intervalo $(-S, S)$ aumentou em relação aos percentuais anteriores, passando de 18,25% (anomalia mensal) para 28,25% (trimestral) e, agora, 42,25%. Já para as colunas dentro e acima do intervalo, os percentuais foram reduzidos. Isso mostra que, a longo prazo, as anomalias de chuva acumuladas refletem maiores desvios negativos de chuva em relação à média.

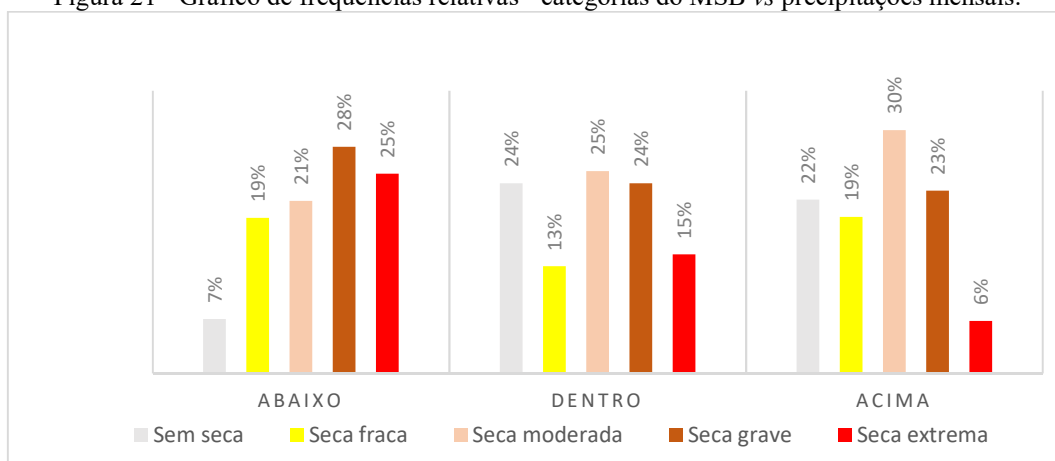
Tabela 9 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs anomalias semestrais.

	À esquerda de $(-S, S)$	No intervalo [$-S, S$]	À direita de $(-S, S)$	Total
Sem seca	9	41	2	52
Seca fraca	27	40	6	73
Seca moderada	34	36	26	96
Seca grave	53	50	1	re104
Seca extrema	46	29	0	75
Total	169	196	35	400

Conforme explicado no Item 4.2.1, nos totais de linha das tabelas de contingência, tem-se o número de ocorrências em cada categoria de seca para o período estudado. Já os somatórios de coluna indicam o número de registros de precipitação em cada faixa. Como os totais marginais são diferentes, para fins de interpretação dos dados quanto à associação, foram calculadas, em porcentagem, as frequências relativas ao total de cada coluna. Assim, é possível visualizar o percentual de cada categoria em relação ao total de casos de precipitação acima, dentro e abaixo da média ou, no caso das anomalias, o percentual de cada célula em relação ao total à esquerda, dentro e à direita do intervalo de $-S$ a S .

Para precipitação mensal, por exemplo, 22% das observações acima da média foram classificadas como sem seca, enquanto 28% dos casos abaixo da média coincidiram com seca grave, segundo apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs precipitações mensais.



Observa-se na Figura 21 que, de fato, chuvas abaixo da média têm maiores percentuais nas categorias mais severas da seca (grave e extrema). Contudo, percentuais consideráveis também se encontram nas categorias mais brandas e até mesmo sem seca. Para precipitações dentro da média histórica, houve municípios classificados nas diversas categorias. Já para chuvas acima da média, há percentuais ainda altos nas categorias moderada e grave.

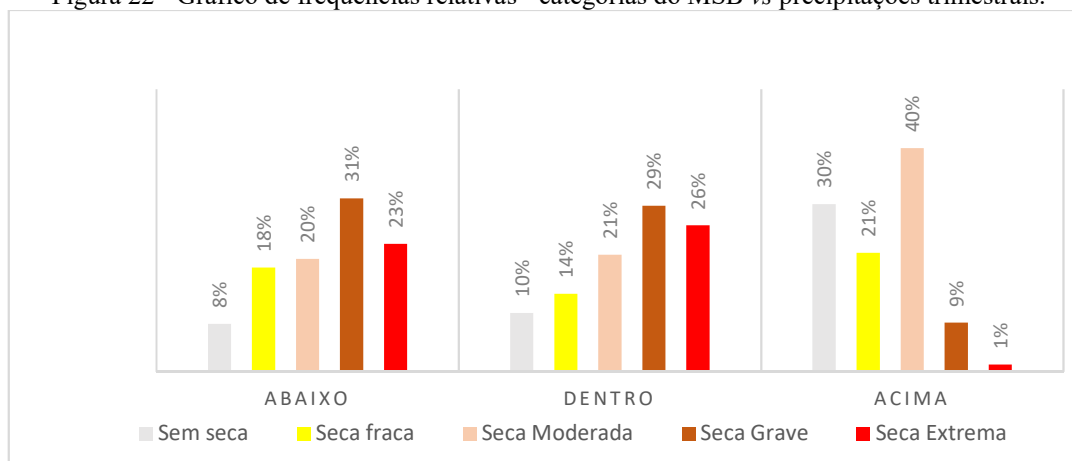
Verifica-se ainda na Figura 21 que, ao passar de precipitações abaixo da média em direção a chuvas acima da média, há redução no percentual das categorias de seca extrema e grave, o que pode ser um indicativo de associação entre as variáveis. De modo semelhante, as categorias sem seca e seca moderada têm frequências maiores para chuvas dentro e acima da média, o que não ocorre para seca fraca, tendo a mesma frequência de precipitações abaixo e acima da média. Desse modo, apesar de haver algumas coincidências entre precipitações abaixo da média e categorias mais severas de seca, não há forte evidência de que a precipitação mensal tenha influenciado no traçado do Monitor.

Uma vez que o MSB apresenta a premissa de representação da seca física e relativa, que reflete a situação atual em relação ao histórico da região, é possível que chuvas acima da média contribuam para melhoria dos impactos da seca, ou seja, regiões com chuvas abundantes podem refletir uma classificação mais branda da seca, a depender do tipo de impacto resultante do balanço hídrico dos últimos meses. Assim, períodos maiores de observação, como trimestrais e semestrais, devem ter maior associação com as categorias do Monitor do que dados mensais.

A Figura 22 apresenta as frequências relativas em relação ao total de cada coluna para precipitações trimestrais. De modo semelhante às precipitações mensais, vê-se que, para chuvas abaixo da média, embora os percentuais mais altos estejam nas categorias de seca grave e extrema, os valores nas demais categorias também são altos. Já no caso de chuvas acima da

média, as frequências das categorias grave e extrema são bem menores, refletindo redução de severidade para trimestres mais chuvosos.

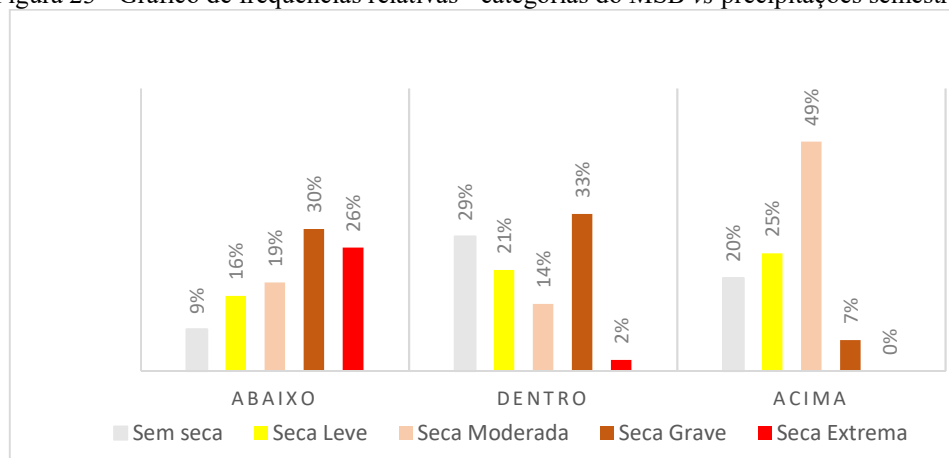
Figura 22 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs precipitações trimestrais.



Ao passar de chuvas abaixo da média para chuvas acima da média na Figura 22, percebe-se que há aumento percentual considerável de municípios representados como sem seca, bem como a redução das secas extrema e grave, o que é um indício de associação entre as variáveis, assim como a redução de percentual nas categorias de seca grave e extrema.

Para precipitações semestrais, as frequências relativas em relação ao total de cada coluna podem ser visualizadas na Figura 23. Novamente, verifica-se que, para chuvas semestrais abaixo da média, a maior parte das observações concentra-se nas categorias de seca grave e extrema, enquanto para chuvas dentro do normal há redução de seca extrema e aumento percentual de municípios sem seca. Para chuvas acima da média, não há registros de seca extrema.

Figura 23 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs precipitações semestrais.

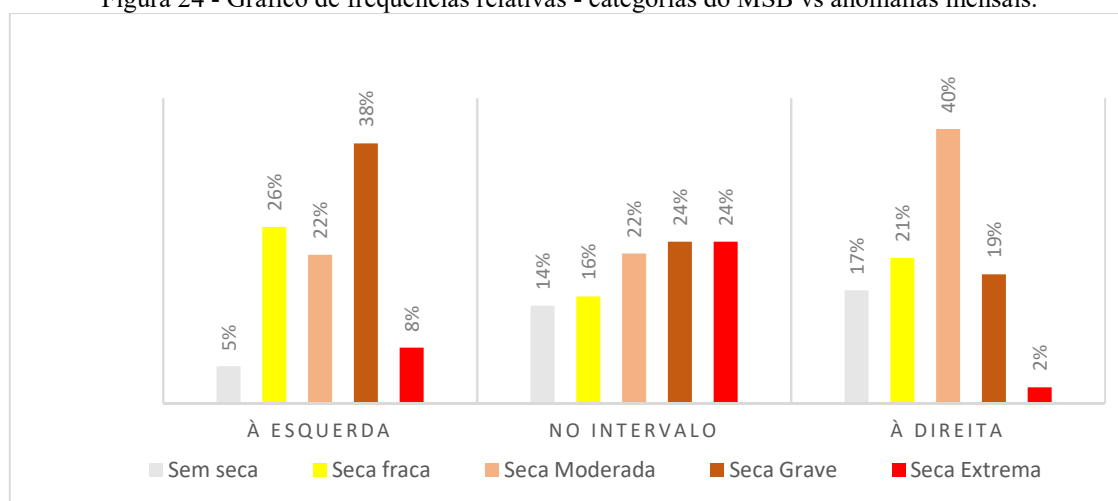


Comparando-se os percentuais abaixo e acima da média na Figura 23, é notável a redução do percentual de ocorrências em seca extrema e seca grave para as chuvas acima da média, o que seria um indicativo de associação entre as variáveis, assim como o aumento dos percentuais sem seca e em seca fraca.

Pela definição de seca física do Monitor, regiões com chuvas dentro do normal não deveriam ser consideradas em períodos de seca, diferentemente do que se vê nos gráficos apresentados. É possível que essas observações de seca durante épocas de chuvas normais sejam devidas ao fato de serem analisados, durante a confecção dos mapas, períodos maiores que um semestre. Além disso, outros parâmetros, como evapotranspiração, são também considerados pelo Monitor por meio dos índices de seca. Ainda assim, deve-se destacar que são consideradas informações de apenas três postos pluviométricos para Sergipe, o que pode influenciar na correlação entre dados de chuva e categorias do Monitor.

A mesma análise percentual foi realizada para as anomalias de precipitação. Para anomalias mensais, o gráfico de frequências relativas é apresentado na Figura 24. Observa-se que, para anomalias à esquerda de $(-S, S)$, relacionadas a maiores desvios negativos em relação à média, a categoria predominante é a de seca grave (38%). Contudo, valores semelhantes também ocorrem nas categorias fraca e moderada, o que pode ser devido à consideração, pelo Monitor, de períodos maiores que um mês. Assim, ainda que em determinado mês a anomalia de precipitação seja positiva, é possível que o último trimestre, semestre, e assim por diante, tenha apresentado anomalias negativas.

Figura 24 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs anomalias mensais.

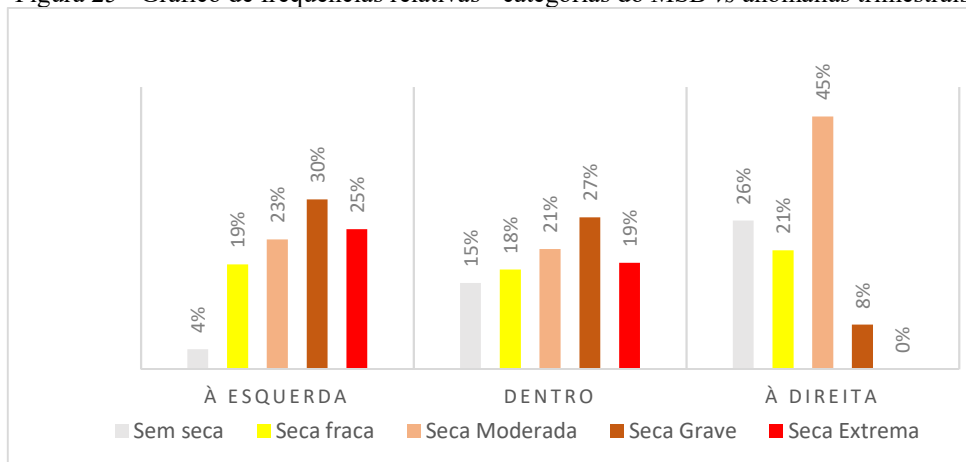


No intervalo à direita de $(-S, S)$, o maior número de observações foi na categoria de seca moderada (40%), com valor de apenas 2% para seca extrema e 19% para seca grave. Já dentro do intervalo, as categorias têm percentuais muito próximos, mas com valores maiores à medida que as secas são mais severas.

Ao sair da esquerda para direita de $(-S, S)$ na Figura 24, observa-se que, como esperado, o percentual de ocorrências sem seca aumenta, enquanto para os níveis de seca grave e extrema, os valores são reduzidos. Entretanto, devido à maioria das observações estar contida em $[-S, S]$, é difícil afirmar, apenas pela tabela de contingência, se realmente há associação entre os mapas e a anomalia mensal.

Quanto às anomalias trimestrais, na Figura 25, vê-se novamente que a seca grave predomina para o intervalo à esquerda de $(-S, S)$. Entretanto, a distribuição de frequências nessa classe tem valores muito próximos, com exceção da categoria sem seca. De fato, havendo relação entre anomalia e categorias, espera-se que regiões com anomalias negativas de precipitação estejam passando por um período considerado seco.

Figura 25 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs anomalias trimestrais.

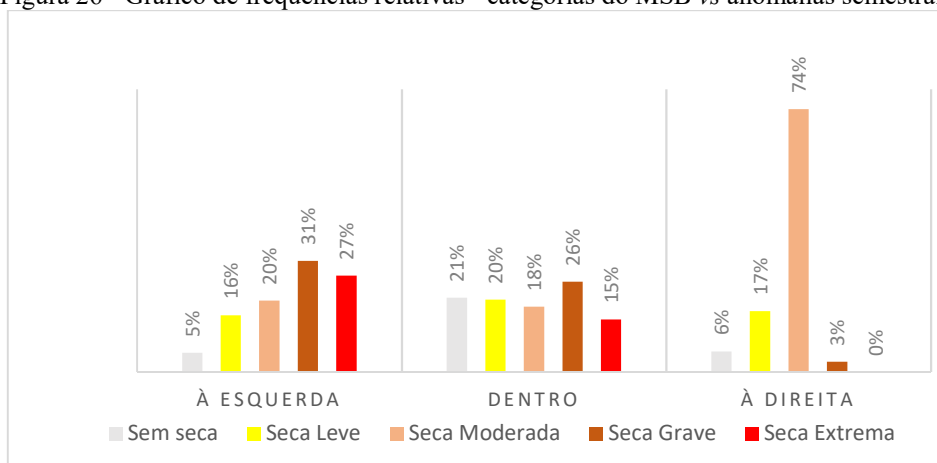


Dentro do intervalo, todas as categorias apresentam percentuais semelhantes, com valores superiores nos níveis mais severos da seca, o que pode ocorrer devido à possibilidade de períodos maiores que três meses refletirem desvio de chuvas muito abaixo da média, apesar de a anomalia do trimestre ser menor que o valor de um desvio padrão. Já à direita de $(-S, S)$, os percentuais mais altos concentram-se nos níveis mais brandos da seca, o que é esperado quando há associação entre as classificações. A tendência é que anomalias positivas de precipitação contribuam para redução de impactos da seca, o que, entretanto, não necessariamente será percebido imediatamente, visto que alterações na severidade da seca são lentas e graduais.

Ainda na Figura 25, passando-se do intervalo à esquerda de $(-S, S)$ para o intervalo à direita do mesmo, vê-se que há aumento do percentual da categoria sem seca e redução das secas extrema e grave, o que é um indicativo de associação entre os mapas e dados de anomalia, embora não seja possível fazer afirmações a partir das demais categorias.

Na Figura 26, que apresenta as frequências relativas ao total de cada coluna para anomalias semestrais, percebe-se que ao passar da esquerda para a direita do intervalo $(-S, S)$, há pequeno aumento percentual das categorias sem seca e seca fraca, grande aumento na categoria de seca moderada e significativa redução das secas grave e extrema. O fato de os desvios positivos somarem apenas 3% nas categorias de seca grave e extrema, enquanto os desvios negativos somam 58%, mostra que é possível existir alguma relação entre os mapas e a anomalia semestral.

Figura 26 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs anomalias semestrais.



De modo geral, percebe-se que apenas com a análise da tabela de contingência não é possível afirmar se há, de fato, associação entre as variáveis. Por esse motivo, foram aplicadas as ferramentas estatísticas do teste de independência do Qui-Quadrado e do coeficiente V de Cramer para todos os casos em análise, cujos resultados são apresentados a seguir.

5.1.2 Teste de independência do Qui-Quadrado e coeficiente V de Cramer

Para os testes de independência realizados, tem-se como hipótese nula (H_0) que as categorias do Monitor são independentes da precipitação/anomalia observada. A hipótese alternativa (H_1), caso H_0 seja rejeitada, é que há associação entre precipitação/anomalia e categorias do MSB.

A Tabela 10 contém os valores esperados para cada célula da tabela de contingência de precipitação mensal caso haja independência em relação às categorias do Monitor. Entre

parênteses estão os valores reais observados, provenientes da Tabela 4. Quanto maior a diferença entre valores esperados e observados, maior é o indicativo de associação entre precipitação e categorias do MSB. Percebe-se, neste caso, que há distância, ainda que pequena, entre os dados. Ou seja, pode-se esperar a rejeição da hipótese de independência, mas valores baixos do coeficiente de associação.

Tabela 10 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs precipitações mensais.

	Precipitação mensal (E_{ij})		
	Abaixo	Normal	Acima
Sem seca	31,07 (16)	8,84 (16)	12,09 (20)
Seca fraca	43,62 (46)	12,41 (9)	16,97 (18)
Seca moderada	57,36 (51)	16,32 (17)	22,32 (28)
Seca grave	62,14 (67)	17,68 (16)	24,18 (21)
Seca extrema	44,81 (59)	12,75 (10)	17,44 (6)

A partir dos valores esperados (E_{ij}), foi calculada a estatística de teste χ^2_0 , dada pelo somatório dos valores individuais de χ^2 indicados na Tabela 11, resultando em $\chi^2_0 = 35,14$.

Tabela 11 - Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs precipitações mensais.

	Precipitação mensal (χ^2)		
	Abaixo	Normal	Acima
Sem seca	7,31	5,80	5,18
Seca fraca	0,13	0,94	0,06
Seca moderada	0,71	0,03	1,45
Seca grave	0,38	0,16	0,42
Seca extrema	4,49	0,59	7,50

Considerando-se o nível de significância de 5% e 8 graus de liberdade, tem-se o valor tabelado ($\chi_{0,05;8}$) de 15,51. Como esse valor é menor que $\chi^2_0 = 35,14$, rejeita-se a hipótese nula e conclui-se que as categorias do Monitor não são independentes da precipitação mensal. O valor-p associado ao teste é de $2,5 \times 10^{-5}$, que significa que o menor nível de significância para o qual a hipótese nula é rejeitada é de 0,0025%. Desse modo, conclui-se que há baixo risco de não haver associação entre as categorias do Monitor e as precipitações mensais.

A fim de determinar a força da associação entre as duas formas de classificação, foi calculado o coeficiente V de Cramer, por meio da Equação 7, resultando no valor de 0,21. Conforme o Quadro 3 (Seção 4.2.3), essa é uma associação muito fraca ou insignificante. Isso mostra que, embora o teste do Qui-Quadrado tenha revelado dependência entre precipitação mensal e categorias do MSB, essa associação ainda é pequena.

Para análise de precipitações trimestrais, tem-se na Tabela 12 os valores esperados de cada célula caso as categorias do MSB e a precipitação trimestral sejam independentes.

Observa-se certo distanciamento entre os valores esperados e os observados (entre parênteses), principalmente na coluna de precipitações acima da média, sendo um indício de que chuvas acima da média devem ter maior influência sobre o nível de seca dos mapas.

Tabela 12 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs precipitações trimestrais.

	Precipitação trimestral (E_{ij})		
	Abaixo da média	Dentro da média	Acima da média
Sem seca	33,93 (22)	7,54 (6)	10,53 (24)
Seca fraca	47,63 (48)	10,59 (8)	14,78 (17)
Seca moderada	62,64 (52)	13,92 (12)	19,44 (32)
Seca grave	67,86 (80)	15,08 (17)	21,06 (7)
Seca extrema	48,94 (59)	10,88 (15)	15,19 (1)

Os valores individuais de χ^2 na Tabela 13, somados, resultam em $\chi_0^2 = 61,58$. Considerando-se novamente o nível de significância de 5% e 8 graus de liberdade, tem-se o valor tabelado ($\chi_{0,05;8}$) de 15,51. Assim, rejeita-se a hipótese nula, o que significa que as categorias do MSB não são independentes da precipitação trimestral. O valor-p, nesse caso, é de $2,3 \times 10^{-10}$, indicando risco muito baixo de aceitar equivocadamente a hipótese nula.

Tabela 13 - Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs precipitações trimestrais.

	Precipitação trimestral (χ^2)		
	Abaixo da média	Dentro da média	Acima da média
Sem seca	4,19	0,31	17,23
Seca fraca	0,00	0,63	0,33
Seca moderada	1,81	0,26	8,11
Seca grave	2,17	0,24	9,39
Seca extrema	2,07	1,56	13,25

O cálculo do coeficiente V de Cramer, por sua vez, resultou no valor de 0,28. Conforme o Quadro 3, essa ainda é uma associação muito fraca ou insignificante. Entretanto, é importante destacar que tanto o teste do Qui-Quadrado quanto o coeficiente V apresentaram melhores resultados para precipitação trimestral do que para a precipitação mensal, o que está de acordo com a característica da seca como um fenômeno de desenvolvimento lento e gradual. Além disso, pode-se inferir que precipitações acumuladas para períodos maiores que um mês têm maior influência na confecção dos mapas do que os valores mensais de chuva.

Para precipitações semestrais, os valores esperados são apresentados na Tabela 14. Comparando-se com os valores observados (nos parênteses), percebe-se, em geral, o afastamento entre ambos, o que leva a um maior valor de χ^2 e, conseqüentemente, à rejeição da hipótese de independência.

Tabela 14 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs precipitações semestrais.

	Precipitação semestral (E_{ij})		
	Abaixo da média	Dentro da média	Acima da média
Sem seca	36,66 (25)	5,46 (12)	9,88 (15)
Seca fraca	51,47 (45)	7,67 (9)	13,87 (19)
Seca moderada	67,68 (53)	10,08 (6)	18,24 (37)
Seca grave	73,32 (85)	10,92 (14)	19,76 (5)
Seca extrema	52,88 (74)	7,88 (1)	14,25 (0)

Os valores individuais de χ^2 estão na Tabela 15 e resultam em $\chi_0^2 = 83,71$. Para o nível de significância adotado (5%) e 8 graus de liberdade, tem-se o valor tabelado ($\chi_{0,05;8}$) de 15,51. Mais uma vez, rejeita-se a hipótese nula, com valor-p de $8,7 \times 10^{-15}$, o que afasta ainda mais, em relação às chuvas mensais e trimestrais, a possibilidade de erro na rejeição de H_0 .

Tabela 15- Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs precipitações semestrais.

	Precipitação semestral (χ^2)		
	Abaixo da média	Dentro da média	Acima da média
Sem seca	3,71	7,83	2,65
Seca fraca	0,81	0,23	1,90
Seca moderada	3,18	1,65	19,29
Seca grave	1,86	0,87	11,03
Seca extrema	8,44	6,00	14,25

O cálculo do coeficiente V de Cramer resultou no valor de 0,32, representando associação entre as variáveis de fraca a forte, conforme o Quadro 3. Esse valor é superior aos coeficientes para as precipitações mensais e trimestrais, o que indica maior correlação dos mapas com as chuvas semestrais.

Embora os resultados encontrados demonstrem baixa associação entre precipitação e representação da seca pelo MSB, em geral, com o aumento do período de chuva acumulada, houve maior correlação entre as classificações. Desse modo, pode-se afirmar que a associação dos mapas do MSB com dados de precipitação é mais forte para períodos maiores.

Para a aplicação do teste de independência do Qui-Quadrado quanto à anomalia de precipitação mensal, os valores esperados para cada célula da tabela de contingência encontram-se na Tabela 16. Comparando-se esses dados às observações reais entre parênteses, vê-se que há certo distanciamento entre os valores, mas não tão altos. Assim, é possível que a hipótese de independência seja rejeitada, mas que o coeficiente V de Cramer apresente valor baixo.

Tabela 16 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs anomalias mensais.

	Anomalia mensal (E_{ij})		
	À esquerda de $(-S, S)$	No intervalo [$-S, S$]	À direita de $(-S, S)$
Sem seca	9,49 (4)	37,05 (41)	5,46 (7)
Seca fraca	13,32 (19)	52,01 (45)	7,67 (9)
Seca moderada	17,52 (16)	68,40 (63)	10,08 (17)
Seca grave	18,98 (28)	74,10 (68)	10,92 (8)
Seca extrema	13,69 (6)	53,44 (68)	7,88 (1)

Para o cálculo do χ^2 , foram somados os valores individuais da Tabela 17, resultando em $\chi_0^2 = 32,80$. Como o valor calculado é maior que o tabelado, de 15,51 (para nível de significância de 5% e 8 graus de liberdade), a hipótese de independência é, de fato, rejeitada. O valor-p associado ao teste é de $6,7 \times 10^{-5}$, indicando pequena possibilidade de erro na rejeição de H_0 . Ou seja, há evidências de que existe dependência entre as categorias do Monitor e as anomalias de precipitação mensais.

Tabela 17 - Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs anomalias mensais.

	Anomalia mensal (χ^2)		
	À esquerda de $(-S, S)$	No intervalo [$-S, S$]	À direita de $(-S, S)$
Sem seca	3,18	0,42	0,43
Seca fraca	2,42	0,95	0,23
Seca moderada	0,13	0,43	4,75
Seca grave	4,29	0,50	0,78
Seca extrema	4,32	3,97	6,00

Em seguida, o cálculo do coeficiente V de Cramer resultou em um valor de 0,20, que, conforme o Quadro 3, indica associação muito fraca ou insignificante entre as duas formas de classificação. Assim, embora as categorias do MSB não sejam independentes das anomalias mensais, a correlação existente entre elas é baixa.

Os resultados encontrados acerca da associação entre categorias do MSB e anomalias de precipitação mensal foram semelhantes aos resultados da precipitação mensal, como pode ser observado pelo V de Cramer e pelo valor-p do teste de independência.

Para anomalias trimestrais, os valores esperados para cada célula encontram-se na Tabela 18. Comparando-se aos dados de observações entre parênteses, percebe-se que há uma pequena diferença entre ambos, sendo possível a rejeição da hipótese de independência.

Tabela 18 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs anomalias trimestrais.

	Anomalia trimestral (E_{ij})		
	À esquerda de $(-S, S)$	No intervalo $[-S, S]$	À direita de $(-S, S)$
Sem seca	14,69 (4)	32,37 (38)	4,94 (10)
Seca fraca	20,62 (21)	45,44 (44)	6,94 (8)
Seca moderada	27,12 (26)	59,76 (53)	9,12 (17)
Seca grave	29,38 (34)	64,74 (67)	9,88 (3)
Seca extrema	21,19 (28)	46,69 (47)	7,13 (0)

Ao somar os valores individuais de χ^2 (Tabela 19), obteve-se o valor do Qui-Quadrado calculado de $\chi_0^2 = 36,69$, referente ao nível de significância de 5% e 8 graus de liberdade. Já o Qui-Quadrado tabelado correspondente é 15,51. Assim, a hipótese de independência entre categorias do MSB e anomalias trimestrais é rejeitada. O valor-p associado ao teste é $1,3 \times 10^{-5}$, havendo, portanto, pequena chance de erro ao afirmar que as classificações não são independentes.

Tabela 19 - Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs anomalias trimestrais.

	Anomalia trimestral (χ^2)		
	À esquerda de $(-S, S)$	No intervalo $[-S, S]$	À direita de $(-S, S)$
Sem seca	7,78	0,98	5,18
Seca fraca	0,01	0,05	0,16
Seca moderada	0,05	0,76	6,81
Seca grave	0,73	0,08	4,79
Seca extrema	2,19	0,00	7,13

O coeficiente V de Cramer resultou em um valor de 0,21, indicando associação muito fraca ou insignificante entre as variáveis (Quadro 3). Ou seja, apesar de haver associação entre os mapas e anomalias trimestrais, a dependência entre eles é baixa.

Finalmente, para precipitações semestrais, o cálculo dos valores esperados (Tabela 20) para o caso de independência entre as variáveis resultou em valores afastados dos observados (nos parênteses). Por esse motivo, esperam-se consideráveis valores de χ^2 e consequente rejeição da hipótese nula.

Tabela 20 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs anomalias semestrais.

	Anomalia semestral (E_{ij})		
	À esquerda de $(-S, S)$	No intervalo $[-S, S]$	À direita de $(-S, S)$
Sem seca	21,97 (9)	25,48 (41)	4,55 (2)
Seca fraca	30,84 (27)	35,77 (40)	6,39 (6)
Seca moderada	40,56 (34)	47,04 (36)	8,40 (26)
Seca grave	43,94 (53)	50,96 (50)	9,10 (1)
Seca extrema	31,69 (46)	36,75 (29)	6,56 (0)

Os valores individuais de χ^2 (Tabela 21), somados, resultaram em Qui-Quadrado calculado de $\chi_0^2 = 83,98$, para o nível de significância adotado (5%) e 8 graus de liberdade. Como o valor tabelado é de 15,51, rejeita-se a hipótese nula. Assim, não se pode afirmar que as categorias do MSB são independentes das anomalias semestrais. O valor-p associado ao teste é de $8,3 \times 10^{-15}$, indicando alta confiabilidade ao negar que as classificações são independentes.

Tabela 21 - Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs anomalias semestrais.

	Anomalia semestral (χ^2)		
	À esquerda de $(-S, S)$	No intervalo $[-S, S]$	À direita de $(-S, S)$
Sem seca	7,66	9,45	1,43
Seca fraca	0,48	0,50	0,02
Seca moderada	1,06	2,59	36,88
Seca grave	1,87	0,02	7,21
Seca extrema	6,46	1,63	6,56

Para o cálculo do coeficiente V de Cramer, obteve-se um valor de 0,32, indicando associação de fraca a forte entre as variáveis, conforme o Quadro 3.

Os resultados encontrados neste item estão apresentados na Tabela 22. Comparando-se todas as variáveis climáticas, percebe-se que, tanto para precipitação quanto para anomalias, o valor-p do teste de independência do Qui-Quadrado foi menor à medida que o período analisado foi maior. Isso significa que há mais segurança em rejeitar a hipótese de independência entre as variáveis para intervalos de tempo maiores.

Tabela 22 - Teste do Qui-Quadrado e coeficiente V de Cramer - categorias do MSB vs variáveis climáticas.

Parâmetro	Precipitação mensal	Precipitação trimestral	Precipitação semestral	Anomalia mensal	Anomalia trimestral	Anomalia semestral
α	5%	5%	5%	5%	5%	5%
n	400	400	400	400	400	400
r	5	5	5	5	5	5
c	3	3	3	3	3	3
$\chi_{a,(r-1)(c-1)}^2$	15,51	15,51	15,51	15,51	15,51	15,51
χ_0^2	35,14	61,58	83,71	32,8	36,69	83,83
Resultado	Rejeita-se H_0	Rejeita-se H_0	Rejeita-se H_0	Rejeita-se H_0	Rejeita-se H_0	Rejeita-se H_0
Valor-p	$2,5 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-10}$	$8,7 \times 10^{-15}$	$6,7 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-5}$	$8,3 \times 10^{-15}$
V de Cramer	0,21	0,28	0,32	0,20	0,21	0,32
Força da associação	Muito fraca	Muito fraca	Fraca a forte	Muito fraca	Muito fraca	Fraca a forte

Do mesmo modo, o coeficiente de Cramer apresentou valores maiores para precipitações e anomalias semestrais, embora em todos os casos tenha assumido valores mais

próximos de 0 do que de 1, o que indica fraqueza na associação entre as formas de classificação em questão.

Como a seca tem desenvolvimento gradual, de fato é esperado que mudanças de curto prazo, especialmente de precipitação, tenham menor influência sobre os impactos da seca e, consequentemente, sobre as categorias do MSB. Além disso, conforme consta na entrevista do Apêndice A, os autores buscam analisar não apenas os índices relacionados à chuva, como o SPI, mas também outros produtos que refletem os demais aspectos da seca, uma vez que análises isoladas podem levar à conclusões equivocadas sobre a situação existente. Ainda assim, precipitações são um importante parâmetro no monitoramento das secas e, para aumentar a qualidade das informações apresentadas no Monitor, a rede pluviométrica analisada deve ser a maior possível.

Baseado nas definições de seca física e relativa do Monitor, segundo as quais os mapas representam a seca a partir de características naturais e relacionadas ao histórico da região, era esperado que houvesse associação entre os dados climáticos e as categorias do MSB. De fato, em todos os casos a hipótese de independência foi rejeitada. Entretanto, a força da associação mostrou-se, em geral, fraca.

Através dos resultados encontrados, pode-se afirmar que, mesmo contendo a menor extensão territorial entre os estados brasileiros, a representação de Sergipe com apenas três postos pluviométricos tem sido insuficiente para refletir a seca o mais próximo possível da realidade do estado. Adicionalmente, nenhum dos postos consultados encontra-se no Semiárido, o que pode trazer prejuízos à representação da região mais afetada pela seca.

Para aumentar a qualidade das informações apresentadas pelo MSB, é preciso haver um esforço conjunto entre instituições estaduais e agentes envolvidos no processo de elaboração dos mapas. O acréscimo de dados pluviométricos dos diversos postos existentes em Sergipe é de extrema importância para conferir maior confiabilidade ao Monitor de Secas, que vem se consolidando como ferramenta de suporte à tomada de decisão.

A nível de validação estadual, para melhorar a representação da seca nos municípios sergipanos, deve-se dispor de dados climáticos de longo prazo, uma vez que a seca é um fenômeno lento e gradual, com impactos que podem durar anos.

5.2 Associação entre NDVI e categorias do Monitor

Durante o processo de validação no período estudado, eram perceptíveis as semelhanças entre as categorias do MSB e os mapas do NDVI. Esse indicador está relacionado a impactos agrícolas da seca, uma vez que reflete a umidade do solo, que constam na descrição das

categorias de seca do MSB (Tabela 2). Assim, espera-se que, quanto maior a severidade indicada nos mapas, piores (menores) os valores do NDVI.

Para a análise de associação dos mapas com o NDVI, foi construída uma tabela de contingência (Tabela 23) contendo, nas linhas, as categorias do Monitor e, nas colunas, a divisão do NDVI médio mensal em quatro intervalos iguais, de 0 a 1. Percebe-se que apenas 5% dos dados encontra-se na coluna 0,75-1,00, que representa melhores condições do NDVI. A maior parte das observações (55,5%) está na faixa de 0,50-0,75, 38% em 0,25-0,50, e apenas 1,5% com os mais baixos valores do índice (0,00-0,25). A categoria de seca predominante foi a de seca moderada, seguida pela seca fraca e pela seca grave.

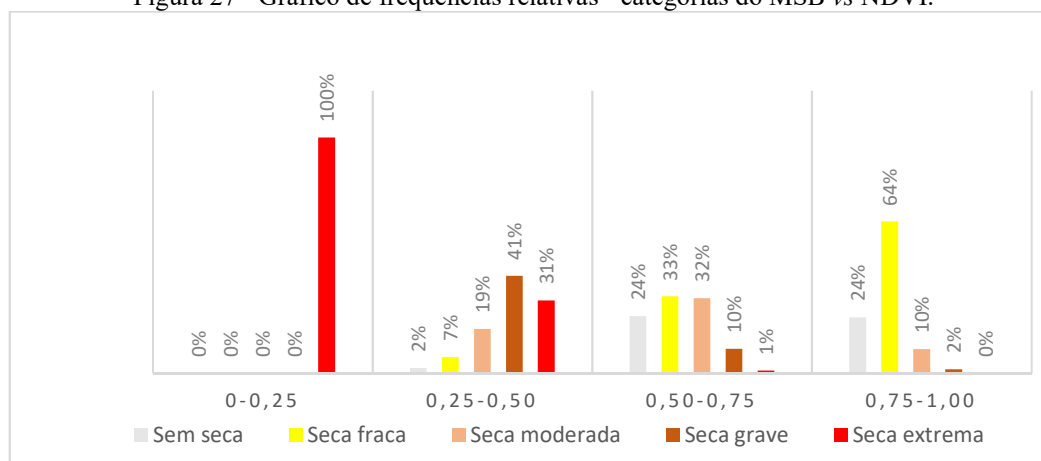
Tabela 23 - Tabela de contingência para categorias do MSB vs NDVI.

	0,00-0,25	0,25-0,50	0,50-0,75	0,75-1,00	Total
Sem seca	0	10	161	14	185
Seca fraca	0	31	217	38	286
Seca moderada	0	86	212	6	304
Seca grave	0	189	69	1	259
Seca extrema	18	141	7	0	166
Total	18	457	666	59	1200

É importante destacar que o número de observações é consideravelmente maior para NDVI em relação a precipitações e anomalias pois existe um valor médio de NDVI por município para os 16 meses estudados ($75 \text{ municípios} \times 16 \text{ meses} = 1200 \text{ observações}$).

Para melhor visualização da distribuição de frequências nas categorias do MSB para cada faixa do NDVI, a Figura 27 apresenta os percentuais de cada célula em relação ao total da coluna correspondente. Nela, vê-se que para todos os casos de NDVI entre 0 e 0,25, a categoria correspondente foi a de seca extrema. A faixa seguinte, de 0,25 a 0,50, também possui maiores percentuais para categorias mais severas da seca. A partir do valor de 0,50, as duas últimas classes contêm maiores percentuais para categorias mais brandas da seca. Assim, a distribuição de frequências dá um forte indício de associação entre as variáveis, uma vez que os valores de NDVI mais próximos de zero indicam regiões com solo exposto ou pouca ou nenhuma cobertura vegetal, situação que, de fato, deve estar associada a níveis mais graves da seca. Já para valores de NDVI próximos de 1, que representam regiões com melhores condições da vegetação, esperavam-se maiores percentuais nas categorias mais leves da seca.

Figura 27 - Gráfico de frequências relativas - categorias do MSB vs NDVI.



Percebe-se que a tabela de contingência para categorias e NDVI é mais clara quanto à existência de correlação entre as variáveis, se comparada às tabelas para precipitações e anomalias. Espera-se, portanto, que o teste de independência do Qui-Quadrado resulte em um valor-p ainda menor que os anteriores e o coeficiente V de Cramer em um valor mais alto.

A Tabela 24 contém os valores esperados para cada célula caso as categorias do MSB sejam independentes do NDVI. Embora os valores esperados não sigam a recomendação de que não mais que 20% dos valores devem ser menores que 5 (Item 4.2.2) para o teste do Qui-Quadrado, resolveu-se prosseguir com o mesmo, uma vez que há fortes evidências de associação entre as variáveis, além de haver um grande número total de observações.

Tabela 24 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - categorias do MSB vs NDVI.

	NDVI _{médio} (E_{ij})			
	0-0,25	0,25-0,50	0,50-0,75	0,75-1,00
Sem seca	2,78 (0)	70,45 (10)	102,68 (161)	9,10 (14)
Seca fraca	4,29 (0)	108,92 (31)	158,73 (217)	14,06 (38)
Seca moderada	4,56 (0)	115,77 (86)	168,72 (212)	14,95 (6)
Seca grave	3,89 (0)	98,64 (189)	143,75 (69)	12,73 (1)
Seca extrema	2,49 (18)	63,22 (141)	92,13 (7)	8,16 (0)

Comparando os valores observados (entre parênteses) e esperados na Tabela 24, vê-se considerável afastamento entre eles, o que é mais um indício de correlação entre os mapas e o NDVI, sugerindo elevado valor de χ^2_0 e rejeição da hipótese nula.

Os valores individuais de χ^2 , na Tabela 25, somaram um valor de 656,76, correspondente ao nível de significância de 5% e 12 graus de liberdade. Nessa situação, o valor tabelado $\chi^2_{0,05;12}$ é igual a 21,03. Como o valor calculado é muito maior que o tabelado, rejeita-se a hipótese de independência entre os mapas e o NDVI. O valor-p associado ao teste é $7,8 \times 10^{-133}$, indicando chance quase nula de erro ao rejeitar a hipótese de independência.

Tabela 25 - Valores de χ^2 por célula - categorias do MSB vs NDVI.

	NDVI _{médio} (χ^2)			
	0-0,25	0,25-0,50	0,50-0,75	0,75-1,00
Sem seca	2,78	51,87	33,13	2,64
Seca fraca	4,29	55,74	21,39	40,75
Seca moderada	4,56	7,66	11,10	5,36
Seca grave	3,89	82,79	38,87	10,81
Seca extrema	96,61	95,70	78,66	8,16

O coeficiente V de Cramer, por sua vez, assumiu valor de 0,52, que indica associação de fraca a forte entre as variáveis, conforme o Quadro 3. Apesar de ser a mesma classificação que para a correlação entre categorias do MSB com precipitação semestral, o coeficiente de Cramer é muito maior para o NDVI, o que confirma a hipótese inicial de que o NDVI é a variável climática de maior associação com os mapas do Monitor de Secas.

Os resultados encontrados neste Item estão resumidos na Tabela 26. Uma comparação entre os resultados encontrados pela análise de todas as variáveis climáticas estudadas é dada na Tabela 27.

Tabela 26 - Teste do Qui-Quadrado e coeficiente V de Cramer - categorias do MSB vs NDVI.

Teste de independência	
α	5%
n	1200
r	5
c	4
$\chi^2_{\alpha, (r-1)(c-1)}$	21,03
χ^2_o	656,76
Resultado	Rejeita-se H_0
Valor-p	$7,8 \times 10^{-133}$
V de Cramer	0,53
Força da associação	Fraca a forte

Tabela 27 - Valor-p e coeficiente V de Cramer para todos os casos estudados.

	Teste de independência	Valor-p	Coeficiente V de Cramer	Tipo de associação
Categorias vs precipitação mensal	Rejeita-se H_0	$2,5 \times 10^{-05}$	0,21	Muito fraca
Categorias vs precipitação trimestral	Rejeita-se H_0	$2,3 \times 10^{-10}$	0,28	Muito fraca
Categorias vs precipitação semestral	Rejeita-se H_0	$8,7 \times 10^{-15}$	0,32	Fraca a forte
Categorias vs anomalia mensal	Rejeita-se H_0	$6,7 \times 10^{-05}$	0,20	Muito fraca
Categorias vs anomalia trimestral	Rejeita-se H_0	$1,3 \times 10^{-05}$	0,21	Muito fraca
Categorias vs anomalia semestral	Rejeita-se H_0	$8,3 \times 10^{-15}$	0,32	Fraca a forte
Categorias vs NDVI	Rejeita-se H_0	$7,8 \times 10^{-133}$	0,53	Fraca a forte

É notável a maior associação entre os mapas e o NDVI quando observa-se o valor-p associado ao teste de independência e o coeficiente V de Cramer na Tabela 27. Mesmo que a

hipótese nula de independência tenha sido rejeitada em todos os casos, a associação entre categorias e precipitação/anomalia ainda é fraca, o que confirma os prejuízos à representação de Sergipe no Monitor pela deficiência na análise de postos pluviométricos no estado.

Finalmente, pode-se afirmar que o NDVI tem sido uma boa ferramenta para a etapa de validação, diferentemente das precipitações e anomalias, especialmente as mensais. Por refletir características de seca agrícola, o NDVI é a variável que mais se aproxima dos mapas do Monitor, possivelmente porque o MSB considera a seca a partir de características físicas e condições climáticas locais de até 24 meses anteriores.

5.3 Associação entre decretações de seca e estiagem e impactos do MSB

No Brasil, existe distinção entre os termos seca e estiagem, estando o segundo associado a menores períodos de déficit hídrico. Devido a essa característica, é possível relacionar as decretações de seca e estiagem da Defesa Civil às delimitações de curto e longo prazo dos mapas do Monitor.

Como a estiagem corresponde a um período seco de menor duração, é esperado que as decretações de estiagem se situem na área delimitada por impactos de curto prazo. De modo semelhante, espera-se que decretações de seca estejam localizadas em áreas de impactos de longo ou curto e longo prazos.

Para a análise de correlação entre impactos de curto (C) e longo (L) prazos com decretações de emergência, novamente foram utilizadas as tabelas de contingência, o teste de independência do Qui-Quadrado e o coeficiente V de Cramer. Inicialmente, foi considerado o período de julho de 2018 a março de 2019, quando a Defesa Civil ainda não consultava os mapas como suporte à decisão. Em seguida, foram acrescentados os meses de abril a outubro de 2019, para verificar se a consulta da Defesa Civil aos mapas influenciaria os resultados.

Neste estudo, os municípios foram considerados em estado de emergência desde o mês em que ocorreu a decretação até o último mês de validade da mesma.

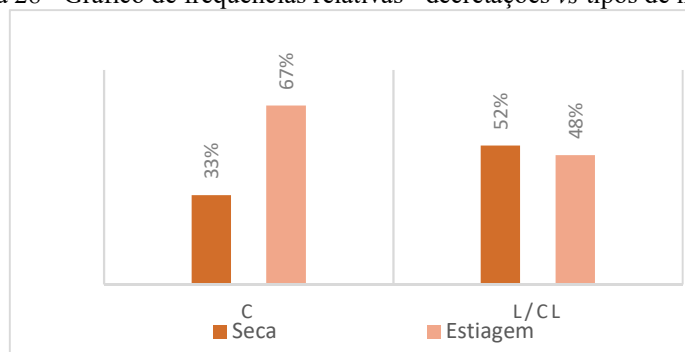
A Tabela 28 é a tabela de contingência para decretações *versus* tipo de impacto da seca. Observa-se que apenas 12% dos municípios foram representados com impactos de curto prazo no período em questão, enquanto 88% possuíam impactos de longo ou curto e longo prazos. O número de decretações, entretanto, foi semelhante para seca e estiagem, o que pode ser um indicativo da não existência de associação entre as variáveis, uma vez que, havendo mais municípios com impactos de longo prazo, espera-se maior número de decretações de seca do que de estiagem.

Tabela 28 - Tabela de contingência para decretações vs tipos de impacto.

	Decretações x impactos		
	C	L/CL	Total
Seca	8	89	97
Estiagem	16	83	99
Total	24	172	196

Como os totais de linha e coluna são diferentes, foi calculado o percentual de cada célula em relação ao somatório da coluna correspondente, gerando a Figura 28. Observa-se que, para impactos de curto prazo, de fato há maior percentual de decretações de estiagem. Já para impactos L/CL, mesmo havendo maior percentual para seca, o valor para decretações de estiagem é alto.

Figura 28 - Gráfico de frequências relativas - decretações vs tipos de impacto.



Para a aplicação do teste de independência, foram calculados os valores esperados (E_{ij}), que se encontram na Tabela 29. Comparando-os aos dados reais observados, nos parênteses, percebe-se que há proximidade entre os valores, o que pode indicar a independência entre decretações e impactos.

Tabela 29 - Valores esperados (E_{ij}) para cada célula - decretações vs tipos de impacto.

	Decretações (E_{ij})	
	C	L/CL
Seca	11,88 (8)	85,12 (89)
Estiagem	12,12 (16)	86,88 (83)

Os valores de χ^2 por célula são apresentados na Tabela 30 e resultam em $\chi_0^2 = 2,86$, que corresponde a 5% de nível de significância e 1 grau de liberdade. O valor tabelado correspondente é de 3,84. Uma vez que o valor calculado é menor que o tabelado, não se pode rejeitar a hipótese nula de independência entre decretações e tipos de impacto. O valor-p associado ao teste é de 0,09, o que significa que a hipótese nula seria rejeitada caso o nível de significância fosse maior que 9%, valor alto que levaria a um possível erro na rejeição de H_0 .

Tabela 30 - Valores de χ^2 por célula - decretações vs tipos de impacto.

	Decretações (χ^2)	
	C	L/CL
Seca	1,27	0,18
Estiagem	1,24	0,17

O cálculo do coeficiente V de Cramer, por sua vez, resultou em 0,12, que indica associação muito fraca entre as variáveis e é mais um indício de que os mapas do MSB e as decretações de emergência não estão relacionadas entre si. Esses resultados estão resumidos na Tabela 31.

Tabela 31 - Teste do Qui-Quadrado e coeficiente V de Cramer - decretações vs tipos de impacto.

Teste de independência	
α	5%
n	196
r	2
c	2
$\chi^2_{\alpha, (r-1)(c-1)}$	3,84
χ^2_o	2,86
Resultado	Não se rejeita H_0
Valor-p	0,09
V de Cramer	0,12
Força da associação	Muito fraca

Visualmente, também é possível identificar que não há uma associação clara entre as decretações da Defesa Civil e os impactos do Monitor. Um exemplo pode ser visto nas Figuras 29 e 30, referentes ao mês de janeiro de 2019. A Figura 29 mostra, à esquerda da linha contínua, a região sergipana com impactos CL e, à direita, com impactos apenas de curto prazo. Na Figura 30, vê-se que há decretações de seca, por exemplo, nos municípios de Feira Nova e Ribeirópolis, que, para o mapa do Monitor, estavam com impactos de curto prazo. Já para os municípios de Simão Dias e Poço Verde, ocorre o oposto: para o Monitor estão com impactos CL e o estado de emergência decretado foi de estiagem.

Figura 29 - Mapa do MSB para o mês de janeiro de 2019.

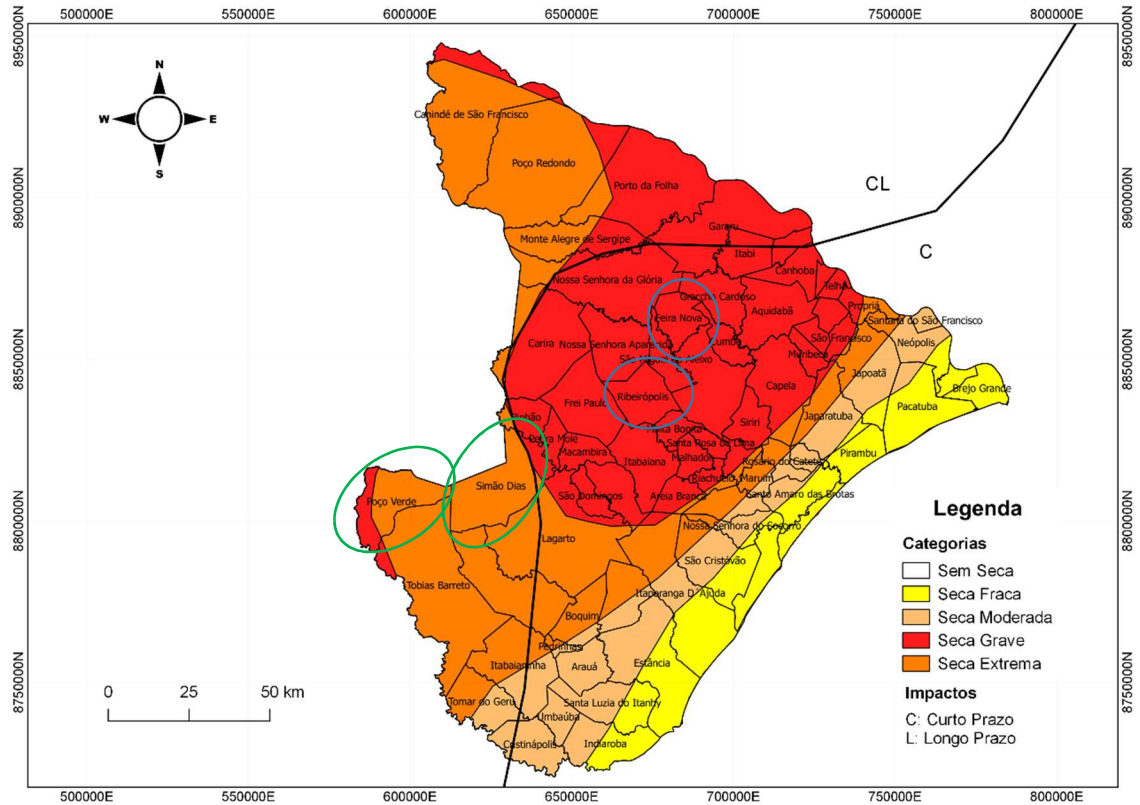
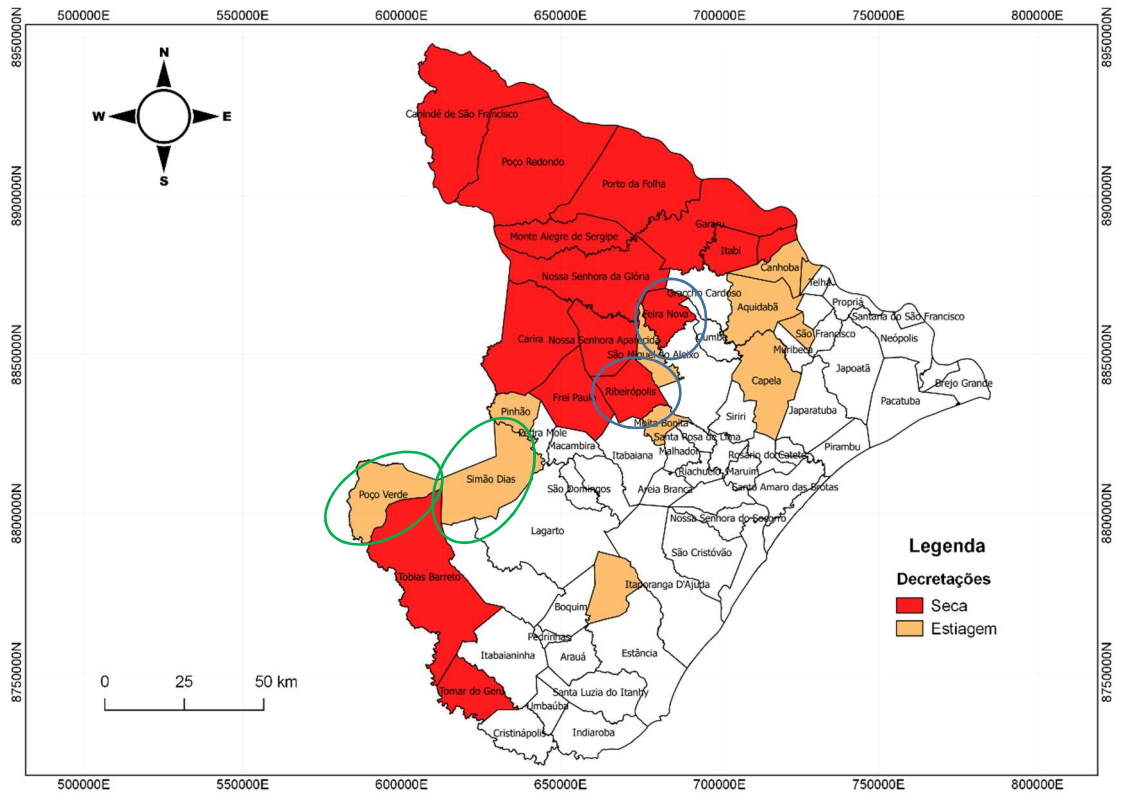


Figura 30 - Decretações de seca e estiagem em janeiro de 2019.



Por meio da análise realizada, percebe-se que não houve entendimento comum da seca entre as esferas federal e estadual, uma vez que as decretações e os mapas do MSB trazem informações, por vezes, conflitantes. Contudo, note-se que, enquanto os mapas do Monitor de Secas representam a seca física, as decretações da Defesa Civil levam em consideração características sociais, como a vulnerabilidade da população às secas. Além disso, é através das decretações de emergência que cidades recebem recursos para auxiliar no alívio dos impactos da seca, o que pode acrescentar um fator político às diferenças entre mapas do MSB e decretações.

Outro fator que pode influenciar a fraca associação existente é o fato de o Monitor de Secas ter como premissa a visão macro da seca, não detalhando as informações em nível municipal. Entretanto, para que o Monitor de Secas seja consolidado como fonte de informação para tomada de decisões e políticas públicas, como vem sendo utilizado pela Defesa Civil do estado desde abril de 2019, é necessário que a seca representada esteja o mais próximo possível da realidade.

Para verificar se a consulta da Defesa Civil ao Monitor de Secas influenciaria a existência de associação entre as variáveis, foram acrescentados os meses de abril a outubro de 2019 e foi feita uma nova análise. Para o novo caso, a tabela de contingência é apresentada na Tabela 32, os valores esperados na Tabela 33 e os valores individuais de Qui-Quadrado na Tabela 34.

Tabela 32 - Tabela de contingência para decretações vs tipos de impacto (julho de 2018 a outubro de 2019).

	Decretações x impactos		
	C	L/CL	Total
Seca	8	151	159
Estiagem	16	115	131
Total	24	266	290

Tabela 33 - Valores esperados (E_{ij}) - decretações vs tipos de impacto (julho de 2018 a outubro de 2019).

	Decretações (E_{ij})	
	C	L/CL
Seca	13,16	145,84
Estiagem	10,84	120,16

Tabela 34 - Valores de χ^2 por célula - decretações vs tipos de impacto (julho de 2018 a outubro de 2019).

	Decretações χ^2	
	C	L/CL
Seca	2,02	0,18
Estiagem	2,45	0,22

Comparando-se os valores observados e esperados das Tabelas 32 e 33, respectivamente, verifica-se que os valores continuam próximos, o que sugere rejeição da hipótese nula. Entretanto, o novo valor de χ^2 para o nível de significância de 5% e 1 grau de liberdade é de 4,88, maior que o valor tabelado correspondente de 3,84. Nessa nova situação, portanto, rejeita-se a hipótese nula de independência entre decretações e mapas. O valor-p associado ao teste é de 0,03, o que significa dizer que, se fosse considerado nível de significância de 3% ou menor, a hipótese nula seria rejeitada.

Calculando-se novamente o coeficiente V de Cramer, foi encontrado o valor de 0,13, levemente superior ao anterior, mas ainda indicando associação “muito fraca”, conforme o Quadro 3.

Os resultados encontrados, em comparação à situação anterior, podem ser observados na Tabela 35. Percebe-se que, embora a associação entre decretações e mapas continue muito fraca, após a consulta da Defesa Civil aos mapas do MSB, o nível de significância correspondente à rejeição de H_0 passou de 9% para 3%, e o coeficiente de Cramer teve um leve aumento. Assim, pode-se afirmar que o Monitor tem influenciado a tomada de decisão quanto às decretações de emergência no estado de Sergipe.

Tabela 35 - Teste do Qui-Quadrado e coeficiente V de Cramer - decretações vs tipos de impacto (julho de 2018 a outubro de 2019).

Teste de independência		
	Julho/2018 a março/2019	Julho/2018 a outubro/2019
α	5%	5%
n	196	290
r	2	2
c	2	2
$\chi_{a,(r-1)(c-1)}^2$	3,84	3,84
χ_o^2	2,86	4,88
Resultado	Não se rejeita H_0	Rejeita-se H_0
Valor-p	0,09	0,03
V de Cramer	0,12	0,13
Força da associação	Muito fraca	Muito fraca

O uso dos mapas pela Defesa Civil é um exemplo de que a importância do Monitor de Secas nas políticas públicas tende a ser cada vez maior, o que reforça a necessidade de produção de informações confiáveis pelo MSB. A seca é um fenômeno complexo, influenciado por diversos fatores e de difícil representação, mas que requer monitoramento e preparação para que afete cada vez menos a vida da população.

5.4 Análise dos FMPs e proposta de reformulação

Teoricamente, o Formulário Mínimo Padrão (Anexo A) foi desenvolvido a partir da tabela de impactos do MSB, com objetivo de subsidiar a validação estadual dos mapas. Entretanto, os validadores do estado de Sergipe encontram dificuldades na análise das respostas dos FMPs à luz das categorias do Monitor e suas respectivas descrições.

É inegável a importância dos relatos obtidos para entender de que forma as condições climáticas de determinada região, representadas pelos dados observados, têm afetado a população. Por isso, neste item, o formulário será analisado em termos de contribuição para a validação, por meio da relação entre as perguntas feitas e a descrição das categorias do MSB.

A primeira pergunta do FMP refere-se à situação da seca no município em relação ao mês anterior. Desse modo, os validadores têm um indicativo de alteração (para pior ou melhor condição) ou permanência em determinada categoria. Seria interessante se os observadores justificassem a sua resposta, mostrando porque houve melhora/piora, não há seca ou não houve alteração. Um problema observado é que, em alguns casos, o observador do mês passado é diferente do mês atual, e não se sabe se as informações apresentadas no formulário do mês anterior foram consultadas.

A segunda pergunta é relativa à ocorrência de chuvas em termos de distribuição temporal e espacial. Contudo, observa-se que as possibilidades de resposta são, de certo modo, abstratas, sujeitas à subjetividade do observador. Nesse item, poderia ser perguntado se as chuvas do mês estiveram acima, abaixo ou na média e qual o número de dias chuvosos naquele mês. Tais informações não seriam de difícil acesso a quem responde, visto que são profissionais da área de recursos hídricos ou afins. Para a obtenção de dados mais precisos, poderiam ser fornecidos pluviômetros aos pontos focais de observação.

Apesar de não haver características de chuva na tabela de impactos, sabe-se que a ocorrência de chuvas está fortemente relacionada ao alívio ou piora das condições de seca. Por exemplo, após um período de estiagem, as precipitações podem ser suficientes para encher pequenos açudes e possibilitar o plantio, reduzindo impactos de curto prazo. Nesse caso, determinada região pode passar a ter apenas efeitos de longo prazo (L).

O terceiro questionamento é sobre a situação dos principais cultivos da região. Percebe-se que há relação entre as respostas e a descrição da tabela de impactos (Tabela 2), exceto para a categoria de seca excepcional. Além disso, poderia ser acrescentada uma pergunta acerca de quais são os principais cultivos da região para aquele mês. Pode haver perdas devido à seca ou

por não estar na época de plantio de determinada cultura, o que deveria ser justificado nos formulários.

A quinta questão trata da disponibilidade e uso da água. Assim como para a chuva, esse item é subjetivo, uma vez que não há uma definição precisa do que seriam os níveis “baixo”, “crítico” e “em colapso” para os mananciais. Assim, seria importante ter essas informações em termos da capacidade do reservatório. Além disso, poderia ser uma questão do FMP quais os tipos de restrição de uso da água existentes no município.

Finalmente, o FMP apresenta um espaço para observações adicionais, que geralmente agregam bastante entendimento aos validadores. Contudo, a maioria dos observadores nada acrescenta.

Percebe-se que o Formulário Mínimo Padrão necessita de alguns ajustes para que os validadores possam fazer uma associação mais objetiva entre suas respostas e a classificação do Monitor. A fim de adaptar o FMP às observações anteriores, foram propostas algumas modificações às perguntas e respostas do formulário, que são apresentadas no Apêndice M.

Adicionalmente, é importante ressaltar a necessidade de treinamento dos observadores quanto ao preenchimento dos formulários. Os profissionais devem entender como funciona o processo e qual a relevância da sua participação nele. O compromisso dos envolvidos é fundamental para um melhor desempenho do Monitor.

Também merece destaque o fato de que a tabela de impactos adotada pelo MSB foi traduzida do Monitor de Secas dos Estados Unidos, sem adaptações à realidade brasileira, o que contribui para a existência de dificuldades na definição comum da situação de seca nos estados representados. A necessidade de atualização da tabela de impactos pode ser corroborada através da entrevista a um dos autores do MSB realizada nesta pesquisa e constante no Apêndice A, em que a entrevistada afirmou acreditar que uma modificação dessa tabela venha a ser realizada futuramente.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência do Monitor de Secas do Brasil quanto às definições de seca para o estado de Sergipe. Para tanto, foram necessários dados climáticos de precipitação (mensal, trimestral e semestral), anomalias de precipitação (mensal, trimestral e semestral) e índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI mensal); decretações de emergência da Defesa Civil Estadual; Formulário Mínimo Padrão e mapas do Monitor de Secas.

A fim de verificar a existência de associação entre os mapas lançados mensalmente pelo MSB e os dados climáticos de Sergipe, foram utilizadas tabelas de contingência, teste de independência do Qui-Quadrado e coeficiente V de Cramer.

Inicialmente, foi analisada a correlação entre as categorias do MSB e os dados de precipitação estaduais. A aplicação do teste do Qui-Quadrado resultou na rejeição da hipótese de independência entre os mapas do Monitor e as precipitações. O valor-p associado aos testes foi de $2,5 \times 10^{-5}$, $2,3 \times 10^{-10}$ e $8,7 \times 10^{-15}$, para chuvas mensais, trimestrais e semestrais, respectivamente. Isso significa que há pequena chance de erro ao afirmar que os mapas e as precipitações não são independentes, ou seja, que possuem associação. Adicionalmente, observa-se que a confiabilidade na rejeição da hipótese nula aumentou à medida que o período observado passou de mensal para trimestral e semestral.

Ao calcular o coeficiente V de Cramer, os valores encontrados foram 0,21, 0,28 e 0,32 para associação entre categorias do MSB e precipitações mensais, trimestrais e semestrais, nessa ordem. Por estarem mais próximos de 0 do que de 1, esses coeficientes demonstram que a força da associação analisada é fraca. Assim, pode-se afirmar que, apesar de haver relação entre os mapas do Monitor e as precipitações, a associação existente ainda é baixa.

Pode-se atribuir a fraqueza dos resultados encontrados ao fato de que o Monitor de Secas se baseia em apenas três postos pluviométricos para análise das chuvas ocorridas no estado de Sergipe, o que leva a uma representação generalizada, que não considera a situação real existente na maioria das localidades. Além disso, deve-se destacar que o MSB também consulta dados de precipitação para períodos maiores que um semestre (12, 18 e 24 meses) durante a elaboração dos mapas.

Quanto à análise da correlação entre as categorias de seca e as anomalias de precipitação, foram encontrados resultados semelhantes. O teste do Qui-Quadrado levou a rejeição da hipótese de independência entre as variáveis, com valor-p de $6,7 \times 10^{-5}$, $1,3 \times 10^{-5}$ e $8,3 \times 10^{-15}$ para anomalias de precipitação mensal, trimestral e semestral, respectivamente. Já o

coeficiente V assumiu valores de 0,20, 0,21 e 0,32, indicando fraca associação entre os mapas e as anomalias mensal, trimestral e semestral. Desse modo, confirma-se que, apesar de haver relação entre os mapas e anomalias de chuva, essa associação não é forte.

Assim como para as precipitações, os resultados para as anomalias foram melhores à medida que o período de tempo considerado foi maior. Esse é um indício de que os mapas do Monitor tendem a representar a seca principalmente por meio de observações de longo prazo.

Além da consulta aos dados pluviométricos de somente três postos, destaca-se que durante o processo de validação do Monitor em Sergipe são utilizados apenas dados climáticos mensais, o que dificulta a concordância com os mapas propostos. Dessa forma, sugere-se que, para melhorar o diálogo entre autores e validadores e, consequentemente, aumentar a veracidade das informações sobre Sergipe, além de serem acrescentadas informações de todos os postos pluviométricos ativos no estado aos dados de entrada do Monitor, os validadores devem utilizar-se também de informações climáticas de médio e longo prazos.

Entre as variáveis climáticas utilizadas na validação e estudadas nesta pesquisa, a que apresentou maior correlação com os mapas do Monitor foi o NDVI, como era esperado, devido ao fato de o NDVI refletir as condições de umidade do solo, que está relacionada à seca agrícola. O teste de independência, nesse caso, resultou na rejeição da hipótese nula com valor- p igual a $7,8 \times 10^{-133}$, consideravelmente inferior aos encontrados anteriormente. O coeficiente de Cramer obtido foi 0,52, indicando uma relação mais forte entre os mapas e o NDVI.

O índice de vegetação reflete propriedades de crescimento de plantas, estando próximo de 0 quando há áreas secas, de solo exposto, e de 1 quando a vegetação está bem desenvolvida. Tais características estão relacionadas à seca agrícola, enquanto déficits de precipitação são relativos à seca meteorológica. Assim, pode-se afirmar que há maior associação dos mapas do Monitor aos impactos agrícolas da seca.

Como o MSB tem como um de seus objetivos a melhoria da definição e do entendimento comum sobre a severidade da seca nas regiões representadas, neste trabalho também foi analisada a existência de correlação entre decretações de seca e estiagem pela Defesa Civil estadual e o tipo de impacto (de curto, longo ou curto e longo prazos) dos mapas.

Uma vez que a Defesa Civil passou a utilizar o Monitor de Secas para decretar estado de emergência a partir de abril de 2019, foram feitas duas análises de associação com o Monitor: de julho de 2018 a março de 2019 e de julho de 2018 a outubro de 2019. Assim, foi possível analisar a influência dos mapas nas decretações de seca e estiagem.

No primeiro caso, a hipótese de independência não foi rejeitada e o valor- p correspondente foi de 0,09. Ou seja, para afirmar que as decretações estão relacionadas aos

impactos do mapa, seria assumido um risco de 9% de erro. Adicionalmente, o coeficiente de Cramer foi igual a 0,12, confirmando as diferenças entre impactos e decretações.

É importante enfatizar que, enquanto os mapas do Monitor simbolizam a seca física, a Defesa Civil, ao decretar uma situação de emergência, além de fatores climáticos, leva em consideração características sociais. Ademais, a fraca ou inexistente associação entre os mapas e as decretações pode ser devida à representação da seca pelo Monitor em escala macro, ou regional, enquanto as decretações são municipais, locais.

Ao acrescentar o período de abril a outubro de 2019, a hipótese nula foi rejeitada a um nível de significância de 5%. Contudo, o valor-p foi de 0,03, indicando um risco considerável de erro (3%) ao rejeitar a independência entre mapas e impactos. Nesse caso, o cálculo do coeficiente V resultou em 0,13, levemente maior que o anterior. Assim, embora o período acrescido tenha sido pequeno, tem-se evidências de que o Monitor passou a ter influência sobre as decretações de emergência em Sergipe.

Por fim, este estudo desenvolveu uma proposta de reformulação dos formulários de seca respondidos pelos observadores locais, de modo a conferir maior objetividade nas perguntas e respostas, facilitando a compreensão dos validadores e dando maior confiabilidade às informações fornecida por aqueles que vivenciam a seca em seu dia a dia.

Diante dos resultados obtidos, pode-se afirmar que os mapas do MSB ainda necessitam de ajustes para representar as secas em Sergipe de maneira confiável, provendo informações que possam, de fato, ser utilizadas pelos usuários finais para fins de convivência com a seca. Melhorias na representação da seca no estado podem ser alcançadas por meio da análise de maior número de postos pluviométricos de Sergipe durante a elaboração dos mapas, do acréscimo de dados de longo prazo durante a validação e, futuramente, da mudança da escala macro do MSB para uma escala micro.

O Monitor de Secas é uma ferramenta fundamental para o avanço da gestão de secas no Brasil, sendo o monitoramento o primeiro passo rumo à gestão de riscos no país. À medida que o instrumento se consolida como meio de suporte à decisão para políticas públicas, faz-se necessário que as informações apresentadas estejam bastante próximas à realidade. Sendo assim, melhorias no MSB significam alívio de impactos e maior resiliência para a população ao longo dos anos.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

De modo a complementar e ampliar os resultados encontrados nesta pesquisa, sugere-se que trabalhos semelhantes possam ser realizados para análise da eficiência do MSB em outros estados brasileiros. Além disso, com maior disponibilidade de mapas a cada mês, será possível, futuramente, avaliar os mapas do Monitor para cada região climática ou território sergipano.

Novas variáveis também podem ser acrescentadas nesses estudos, a exemplo de níveis de reservatórios e dados de evaporação. Outros índices de vegetação, além do NDVI, podem ser gerados para o estado de Sergipe a partir de imagens de satélite.

De modo a melhorar a representação das secas em Sergipe, pode ser proposta a geração de um mapa local com escala adequada ao território estadual, semelhante aos mapas do Monitor de Secas, com os mesmos índices e produtos de apoio, acrescidas novas informações existentes. Outra possibilidade é investigar a produção de dados para o estado na escala atual de Sergipe no Monitor de Secas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. do P. T.; RÊGO, J. C. O semiárido brasileiro: aspectos gerais. In: GALVÃO, C. de O. et al. (Org.). **Recursos hídricos para a convivência com o Semiárido**: abordagens por pesquisadores no Brasil, Portugal, Cabo Verde, Estados Unidos e Argentina. Porto Alegre: ABRH; Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2011. p. 49-65.
- ALBUQUERQUE, T. M. A. **Estudo dos processos de gestão de secas**: aplicação no estado do Rio Grande do Sul. 2010. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>>. Acesso em: 9 jun. 2019.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Monitor de Secas chega a Minas Gerais e novas parcerias devem levar o acompanhamento a todo o Brasil**. 2019b. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/monitor-de-secas-chega-a-minas-gerais-e-novas-parcerias-devem-levar-o-acompanhamento-a-todo-o-brasil>>. Acesso em: 9 abr. 2019.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **O Monitor de Secas**. 2019a. Disponível em: <<http://monitordesecas.ana.gov.br/>>. Acesso em: 11 fev. 2019.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília: ANA, 2019c.
- ARREGUÍN-CORTÉS, F. I. et al. La política pública contra la sequía en México: avances, necesidades y perspectivas. **Tecnología y Ciencias del Agua**, [s. l.], v. 7, n. 5, p. 63-76, 2016.
- BANCO MUNDIAL. **Convivência com o Semiárido e gestão proativa de seca no Nordeste do Brasil**: Uma nova perspectiva. Brasília: Grupo Banco Mundial, 2014.
- BANCO MUNDIAL. **Monitor de Secas no Nordeste**: em busca de um novo paradigma para a gestão de secas. 1. ed. Brasília: Grupo Banco Mundial, 2015, 124 p.
- CACCIAMANI, C. et al. Monitoring and forecasting drought on a regional scale: Emilia-Romagna Region. In: ROSSI, G.; VEGA, T.; BONACCORSO, B. **Methods and Tools for Drought Analysis and Management**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2007. v. 62, p. 29-48.
- CAMARGO, Â. P. D.; CAMARGO, M. B. P. D. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, [s. l.], v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.
- CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 28, n. 82, p. 65-88, 2014.
- CANAMARY, E. A. **Avaliação de índices para fins de monitoramento e previsão de secas no Nordeste Setentrional**. 2015. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

CASTRO, A. L. C. et al. **Manual de desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. v. 1.

CEARÁ. **Plano estadual de convivência com a seca: ações emergenciais e estruturantes**. Fortaleza: Governo do Estado, 2015. Disponível em: <<https://www.ipece.ce.gov.br/plano-estadual-de-convivencia-com-a-seca/>>. Acesso em: 9 jun. 2019.

CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília: CGEE; Banco Mundial, 2016.

CIRILO, J. A. Crise hídrica: desafios e superação. **Revista USP**, São Paulo, v. 106, p. 45-58, 2015.

CIRILO, J. A. O semiárido brasileiro: políticas de água. In: GALVÃO, C. de O. et al. (Org.). **Recursos hídricos para a convivência com o semiárido: abordagens por pesquisadores no Brasil, Portugal, Cabo Verde, Estados Unidos e Argentina**. Porto Alegre: ABRH; Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2011. p. 49-65.

CONAGUA - COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. **Monitor de Sequía en México**. 2019. Disponível em: <<https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>>. Acesso em: 8 jun. 2019.

COSTA, O. A. **Monitor de secas: validação R1 Fevereiro de 2019**, 2019. Disponível em: <http://200.129.31.16/uploads/indicadores/Monitor_Fevereiro2019_PRODUTOS_APOIO.zip>. Acesso em: 13 mar. 2019.

CPC/NOAA - CLIMATE PREDICTION CENTER. **Calculated soil moisture percentile FEB**. 2019. Disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/soilmst/sa_wrack.htm>. Acesso em: 1 abr. 2019.

CPTEC - CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **Ocorrência de El Niño**. 2019. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml>. Acesso em: 31 jul. 2019.

DE NYS, E.; ENGLE, N. L.; QUINTANA, C. M. Marco e poder de mobilização. In: DE NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. (Org.). **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE; Banco Mundial, 2016. 292 p.

DEPEC - DEPARTAMENTO ESTADUAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. **Situação de emergência 2019**. 2019. Disponível em: <https://www.defesacivil.se.gov.br/?page_id=228>. Acesso em: 29 nov. 2019.

DIDAN, K. et al. **MODIS Vegetation Index User's Guide**. Arizona: University of Arizona, 2015. Disponível em: <https://vip.arizona.edu/documents/MODIS/MODIS_VI_UsersGuide_June_2015_C6.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2019.

FONTAINE, M. M.; STEINEMANN, A. C.; HAYES, M. J. State drought programs and plans: survey of the Western United States. **Natural Hazards Review**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 95-99, 2014.

FREITAS, M. A. D. S. O fenômeno das secas no Nordeste do Brasil: uma abordagem conceitual. In: IX SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2008, Salvador. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2008. DOI: 10.13140/rg.2.1.3701.7045.

GUTIÉRREZ, A. P. A. et al. Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes**, [s. l.], v. 3, p. 95-106, 2014.

GUTTMAN, N. B. Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm. **Journal of the American Water Resources Association**, [s. l.], v. 35, n. 2, p. 311-322, 1999.

HAO, Z.; SINGH, V. P.; XIA, Y. Seasonal drought prediction: advances, challenges, and future prospects. **Reviews of Geophysics**, [s. l.], v. 56, p. 108-141, 2018.

HAWAII. Department of Land and Natural Resources. Commission on Water Resource Management. **Hawaii drought plan: 2017 update**. Hawaii: State of Hawaii, 2017. Disponível em: <<https://drought.unl.edu/droughtplanning/Plans/StatePlans.aspx>>. Acesso em: 28 fev. 2019.

IPECE - INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Índice municipal de alerta**: um instrumento para orientações preventivas sobre as adversidades climáticas. Fortaleza: IPECE, 2018.

IPMA - INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA. **Causas da seca em Portugal Continental**. 2019. Disponível em: <<https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=seca.causas.xml&print=true>>. Acesso em: 6 jun. 2019.

JESUS, J. B. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método Thorntwaite e Mather para o município de Aracaju. **Scientia Plena**. v. 11, n. 5, 2015.

KIEM, A. S. et al. Natural hazards in Australia: droughts. **Climatic Change**, [s. l.], v. 139, n. 1, p. 37-54, 2016.

KRASKA-MILLER, M. **Nonparametric statistics for social and behavioral sciences**. [s.l.]: CRC Press, 2014.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. 2. ed. Campo Grande: UNIDERP, 2006.

MACA, P.; PECH, P. Forecasting SPEI and SPI drought indices using the integrated artificial neural networks. **Computational Intelligence and Neuroscience**, [s. l.], v. 2016, p. 1-17, 2016.

MAGALHÃES, A. R.; MARTINS, E. S. Drought and drought policy in Brazil. In: TOWARDS A COMPENDIUM ON NATIONAL DROUGHT POLICY, 2011, Washington DC. **Proceedings of an Expert Meeting**. Switzerland: World Meteorological Organization, 2011.

MAGALHÃES, A. R. Vida e seca no Brasil. In: DE NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A.R. (Org.). **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE; Banco Mundial, 2016. 292 p.

MARTINS, E. S. et al. Monitor de Secas no Nordeste - o processo In: DE NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. (Org.). **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE; Banco Mundial, 2016b. 292 p.

MARTINS, E. S. et al. O caso técnico e institucional - Monitor de Secas do Nordeste como âncora e facilitador da colaboração. In: DE NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE; Banco Mundial, 2016a. 292 p.

MARTINS, G. de A.; DOMINGUES, O. **Estatística geral e aplicada**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: EIGHTH CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 1993, Anaheim. **Proceedings...** Anaheim: American Meteorological Society, 1993, p. 179-184.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. De. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, 2012. Disponível em: <www.academia.edu/download/33333156/MENESES__ALMEIDA_2012_INTRO_AO_PR_OCESSAMENTO_DE_IMAGEM.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2019.

MI - MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Integração do Rio São Francisco**. 2019. Disponível em: <<http://mi.gov.br/web/projeto-sao-francisco/o-andamento-das-obras>>. Acesso em: 11 fev. 2019.

MI - MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação Semiárido**. Brasília: MI, 2017. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o_d_e_Munic%C3%ADpios_Semi%C3%A1rido.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2019.

MI - MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação da Presidência da República. **Projeto Áridas: GT II - Vulnerabilidade do semiárido às secas, sob o ponto de vista dos recursos hídricos - Versão preliminar**. Brasília: MI, 1994.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resumo executivo: planos estaduais do Programa Água Doce 2010-2019**. Brasília: MMA, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/agua-doce>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Sistemas de dessalinização nos estados**. 2019. Disponível em: <<https://aguadoce.mma.gov.br/>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied statistics and probability for engineers**. 6. ed. Arizona: John Wiley & Sons, 2014.

MUSIOL, E.; FOUNTANO, N.; SAFAKAS, A. Drought planning in practice. In: JAMES C. SCHWAB (Ed.). **Planning and Drought**. Chicago: American Planning Association, 2013.

NASA - NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Earthdata Search**. 2019. Disponível em: <<https://search.earthdata.nasa.gov>>. Acesso em: 29 nov. 2019.

NDMC - NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER. **Current conditions**. 2019d. Disponível em: <https://droughtmonitor.unl.edu/CurrentConditionsandOutlooks/CurrentConditions.aspx>. Acesso em: 2 jun. 2019.

NDMC - NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER. **Current state drought plans**. 2018. Disponível em: <http://drought.unl.edu/Planning/DroughtPlans/StateDroughtPlans/CurrentStatePlans.aspx>. Acesso em: 5 jun. 2018.

NDMC - NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER. **Map archive**. 2019c. Disponível em: <https://droughtmonitor.unl.edu/Maps/MapArchive.aspx>. Acesso em: 2 jun. 2019.

NDMC - NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER. **State plans**. 2019a. Disponível em: <https://drought.unl.edu/droughtplanning/Plans/StatePlans.aspx>. Acesso em: 2 jun. 2019.

NDMC - NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER. **What is the U.S. Drought Monitor?** 2019b. Disponível em: <https://droughtmonitor.unl.edu/AboutUSDM/WhatIsTheUSDM.aspx>. Acesso em: 2 jun. 2019.

NIDIS - NATIONAL INTEGRATED DROUGHT INFORMATION SYSTEM. **National drought resilience partnership**. 2019. Disponível em: <https://www.drought.gov/drought/resources/national-drought-resilience-partnership>. Acesso em: 2 jun. 2019.

NOAA - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. National Center for Environmental Information. **Billion-Dollar weather and climate disasters: table of events**. 2019. Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/billions/events/US/2010-2019>. Acesso em: 12 jun. 2019.

NOBRE, P. As origens das águas no Nordeste. In: CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **A questão da água no Nordeste**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE, 2012.

OGLIARI, P. J.; ANDRADE, D. F. De. **Estatística básica para ciências agrárias e biológicas**: com noções de experimentação. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

ORTEGA-GAUCIN, D. Medidas para afrontar la sequía en México: una visión retrospectiva. **Revista de El Colegio de San Luis**, [s. l.], v. 8, n. 15, p. 77, 2018.

PORTUGAL. **Plano de prevenção, monitorização e contingência para situações de seca**. Portugal, 2017. Disponível em: www.gpp.pt/images/Agricultura/Estatisticas_e_Analises/Indicadores_AgroAmb/Seca/Plano-Monitorizacao-Preveno-e-Contingencia-SECA.pdf. Acesso em: 6 jun. 2019.

PORTUGAL. Portal do Estado do Ambiente. **Riscos Ambientais: Seca**. 2018. Disponível em: <https://rea.apambiente.pt/content/seca>. Acesso em: 6 jun. 2019.

RIBEIRO, M. B. **A potencialidade do Semiárido Brasileiro: o Rio São Francisco, transposição e revitalização: uma análise.** Brasília, DF: M.B. Ribeiro, 2007. ISBN 978-85-900231-2-8.

ROCHA, A. F. Panorama da seca no estado de Sergipe: impactos e ações de enfrentamento. **Parcerias Estratégicas**, [s. l.], v. 22, n. 44, p. 181-200, 2017.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. **Proceedings...** Washington: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973, p. 309-317. Disponível em: <<https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19740022614>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

SEAGRI - SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, IRRIGAÇÃO, PESCA E AQUICULTURA. **Hidrografia**. 2019. Disponível em: <<http://www.seagri.se.gov.br/informacoes/1/3/hidrografia>>. Acesso em: 8 jun. 2019.

SEMARH - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Atlas digital sobre recursos hídricos de Sergipe**. Aracaju: SEMARH, 2016. Disponível em: <https://www.semarh.se.gov.br/recursoshidricos/?page_id=486>. Acesso em: 9 jun. 2019.

SEMARH - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Elaboração dos planos das bacias hidrográficas dos Rios Japaratuba, Piauí e Sergipe: Relatório de Resumo Executivo - Bacia do Rio Japaratuba**. SEMARH, 2015a.

SEMARH - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Elaboração dos planos das bacias hidrográficas dos Rios Japaratuba, Piauí e Sergipe: Relatório de Resumo Executivo - Bacia do Rio Sergipe**. SEMARH, 2015b.

SEMARH - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Plano estadual de recursos hídricos de Sergipe**. [s.l.]: SEMARH, 2010.

SEPLAG - SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Geografia de Sergipe**. SEPLAG, 2014?. Disponível em: <<http://observatorio.se.gov.br/geografia-e-cartografia/publicacoes-de-geografia-e-cartografia/geografia-de-sergipe>>. Acesso em: 15 maio. 2018.

SEPLAG - SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Sergipe em números: síntese 2018**. Sergipe: SEPLAG, 2018. Disponível em: <<http://observatorio.se.gov.br/estatistica/sergipe-em-numeros>>. Acesso em: 15 maio. 2018.

SERGIPE. Secretaria de Estado da Inclusão, Assistência Social e do Trabalho. Departamento Estadual de Proteção e Defesa Civil. **Situação de emergência**: 2019. Aracaju: Defesa Civil, 2020. Disponível em: <https://www.defesacivil.se.gov.br/?page_id=228>. Acesso em: 10 jan. 2020.

SERGIPE. Secretaria de Estado de Governo. **Territórios Sergipanos**. 2019. Disponível em: <https://segov.se.gov.br/?page_id=51>. Acesso em: 8 jun. 2019.

SHUKLA, S.; WOOD, A. W. Use of a standardized runoff index for characterizing hydrologic drought. **Geophysical Research Letters**, [s. l.], v. 35, n. 2, 2008. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2007GL032487>>. Acesso em: 8 abr. 2019.

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS. **Corpos hídricos superficiais e dominialidade**. 2019. Disponível em: <<http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=ef7d29c2ac754e9890d7cdbb78cbaf2c>>. Acesso em: 9 jun. 2019.

SOUZA FILHO, F. de A. et al. Gestão e abastecimento hídrico: planos de preparação para a seca. In: DE NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. (Org.). **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE; Banco Mundial, 2016. p. 292.

SUDEN/SE - SUBSECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS E SUSTENTÁVEIS. **Panorama energético de Sergipe 2014: ano base 2012**. Aracaju: SUDEN/SE, 2014. Disponível em: <<http://observatorio.se.gov.br/geografia-e-cartografia/publicacoes-de-geografia-e-cartografia/geografia-de-sergipe>>. Acesso em: 15 maio. 2018.

SVOBODA, M. et al. The Drought Monitor. **Bulletin of the American Meteorological Society**, [s. l.], v. 83, n. 8, p. 1181-1190, 2002.

SVOBODA, M.; FUCHS, B. **Handbook of drought indicators and indices***. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization and Global Water Partnership, 2017. Disponível em: <<http://www.crcnetbase.com/doi/10.1201/9781315265551-12>>. Acesso em: 16 maio 2018.

TEIXEIRA, F. J. C.; MACHADO, J. Secas no Brasil: a construção de outro modelo de gestão. **Parcerias Estratégicas**, [s. l.], v. 20, n. 41, p. 89-106, 2015.

THORNTON, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. Universidade UFRGS: ABRH, 2001. v. 4

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. 2. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2013. v. Sergipe.

UN - UNITED NATIONS. **Sustainable development goal 6: synthesis report on water and sanitation**. New York: United Nations, 2018.

VIANA, F. L. et al. Gerenciamento integrado de recursos hídricos no Nordeste. In: CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **A questão da água no Nordeste**. Brasília: CGEE, 2012.

VICENTE-SERRANO, S. M.; BEGUERÍA, S.; LÓPEZ-MORENO, J. I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. **Journal of Climate**, [s. l.], v. 23, n. 7, p. 1696-1718, 2010.

VILLA, M. A. **Vida e morte no sertão**: história das secas no Nordeste nos séculos XIX e XX. 1. ed. São Paulo: Editora Ática, 2000.

VOGT, J. V. et al. **Drought risk assessment and management**: a conceptual framework. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018.

WILHITE, D. A. **Drought and water crises**: science, technology, and management issues. [s.l.] : CRC Press, 2005. v. 107 Disponível em:
<<https://www.taylorfrancis.com/books/9781420028386>>. Acesso em: 29 jan. 2019.

WILHITE, D. A. Drought planning: a process for state government. **Water Resources Bulletin**, [s. l.], v. 27, p. 29-38, 1991.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. **Water International**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 111-120, 1985.

WILHITE, D. A. **National drought management policy guidelines**: a template for action. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization (WMO). Stockholm, Sweden: Global Water Partnership (GWP). 2014.

WILHITE, D. A. National drought policies: addressing impacts and societal vulnerability. In: TOWARDS A COMPENDIUM ON NATIONAL DROUGHT POLICY, 2011, Washington DC. **Proceedings of an Expert Meeting**. Switzerland: World Meteorological Organization, 2011.

WILHITE, D. A.; SIVAKUMAR, M. V. K.; PULWARTY, R. Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy. **Weather and Climate Extremes**, [s. l.], v. 3, p. 4-13, 2014.

WORLD BANK. **Turn down the heat**: confronting the new climate normal. Washington: World Bank Group, 2014.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Drought monitoring an early warning**: concepts, progress and future challenges. WMO n° 1006. 2006. 24 p.

APÊNDICE A - ENTREVISTA

Aracaju, 08 de maio de 2019.

Entrevistada: Maria Aparecida Fernandes Ferreira;

Cargo: Analista em Meteorologia da APAC;

Formação: Graduação em Meteorologia (UFPB - 1990) e Mestrado em Meteorologia (UFCG - 2004);

Início da participação no Monitor de Secas: agosto de 2014.

1) Na sua opinião, qual a importância do Monitor de Secas para o Brasil?

A importância do Monitor de Secas é devida a uma visão da seca diferente do que se tinha antes. Primeiramente, a visão anterior da seca era só relacionada a chuvas acima ou abaixo da média, uma visão mais quantitativa da chuva. Já o Monitor de Secas é uma ferramenta que mostra mais os impactos que a seca tem na população, tanto urbana quanto rural. O Monitor não reflete apenas se choveu acima ou abaixo da média, mas o impacto que a ausência da chuva, ou a variabilidade da frequência de chuvas, causa na população.

2) A classificação de severidade da seca nos mapas do Monitor é baseada nos valores de indicadores de seca. Conforme sua experiência como autor (a), você diria que os índices refletem os possíveis impactos indicados para cada categoria (Tabela 2)?

Essa tabela de impactos é uma tradução da tabela de impactos do Monitor de Secas dos Estados Unidos. É necessário ainda refazer essa tabela para os impactos do Nordeste, aliás, do Brasil, já que agora estão entrando novos estados, como Minas Gerais e Espírito Santo. Na minha opinião, deve-se adequar essa tabela. É um trabalho que ainda deve ser feito no decorrer do tempo.

3) Qual a maior dificuldade, para os autores, nas seguintes etapas:

a) Autoria (até envio do R1)?

A maior dificuldade está ligada aos estados que têm poucos dados. Quando se tem poucos dados, a gente não tem tanta informação inicial. Outro problema são os dados com falhas, porque você não sabe se aquela informação é ou não verdadeira. Por exemplo, em uma região você vê que choveu muito, mas tem um ponto isolado em que não teve chuva e os

indicadores estão mostrando um valor muito diferenciado. Assim, a gente fica na dúvida se aquilo foi um erro ou se realmente aconteceu.

Outra dificuldade é a pequena quantidade de observadores. Se nós tivéssemos mais observadores e um maior contato com os validadores, seria melhor. Para quando o autor tiver alguma dúvida poder entrar em contato, verificar com o validador qual a opinião dele realmente.

Temos também a questão de o Monitor ser muito regionalizado. Com o tempo, o ideal seria que ele tivesse mais detalhes para mostrar mais o que acontece em microrregiões homogêneas. Por exemplo, mesmo dentro do sertão existem microclimas. Em alguns pontos pode haver uma serra ou um clima diferenciado, então ali não tem a mesma seca da região ao redor. Hoje, o Monitor é mais generalizado.

b) Validação

Como falei antes, além da necessidade aumentar o número de validadores, que hoje são poucos, também seria interessante ter validadores e observadores por área. Por exemplo, um validador para a agricultura, outro para recursos hídricos, especializado nos recursos hídricos da região. Também poderia ter validadores para a parte social e ambiental. Tudo isso por área seria mais ideal.

4) Quando os indicadores utilizados apontam diferentes categorias de seca, como se decide qual categoria é mais fidedigna à realidade?

Quando os índices estão mostrando resultados diferentes, então deve-se procurar outros indicadores. Por exemplo, se o SPI está mostrando uma realidade que não é condizente com o que o autor acha que está, então ele deve procurar outro indicador que mostre mais a realidade. Assim, se o SPI está mostrando que não tem seca, porque choveu acima da média na região, mas o índice de vegetação está mostrando que está bastante seco, e se for numa época seca, o SPI pode mostrar uma realidade que não existe. Nesses casos, a chuva realmente foi pouca. Então deve-se procurar outros indicadores.

5) Como os autores costumam avaliar as sugestões de alterações enviadas pelos validadores?

As sugestões dos validadores podem ser acatadas ou não. Pessoalmente, eu sempre procuro acatar o que o validador está dizendo, a não ser que seja uma coisa muito absurda. Porque o validador está na região. Eu conheço mais o meu estado do que os outros. Então, na minha opinião, o validador conhece mais o seu estado do que eu. Assim, se o que ele está

dizendo não for um absurdo, se não forem modificações exageradas, ou seja, que mudem, por exemplo, de uma seca excepcional para ausência de seca de um mês para o outro, se for uma modificação que seja possível de fazer, eu procuro acatar, porque, na minha opinião, o validador sabe mais do que eu.

6) Em relação a outros produtos de monitoramento da seca, o Monitor tem como diferencial a ponderação dos impactos percebidos por quem vivencia a seca localmente. Na sua opinião, de que maneira os validadores devem considerar o olhar dos observadores, relatado nos Formulários Mínimo Padrão?

Pernambuco foi o estado que começou a criar uma rede de observadores. A gente procurou fazer uma parceria com o IPA, Instituto Agrônomo de Pernambuco. Cada regional da IPA tem um gerente ou coordenador que está lá e vivencia a seca na sua região. Então foi feito um formulário mais baseado na agricultura, porque os impactos maiores estão geralmente na agricultura. Mas como eles também têm técnicos que vão a campo, eles sabem o que está acontecendo, de maneira geral, na região.

Respondendo a pergunta, acho que deve-se juntar os formulários dos municípios por região e dizer como está a situação regionalmente. Porque o autor não pode representar município por município naquela microrregião. Compactar as informações por microrregião facilita o entendimento para o autor de como está a situação naquela microrregião como um todo.

7) Baseado (a) na sua experiência como autor (a), você diria que os estados participantes do Monitor estão, de fato, engajados com o processo?

A maioria está engajada. Em alguns estados a gente ainda nota a necessidade de aumentar a rede de observadores, expandir para ter uma ideia do que acontece no estado. Alguns estados têm ainda uma visão muito generalizada do que está acontecendo. Outros estados não dão o retorno que a gente gostaria, não têm uma opinião bem definida.

8) O Monitor de Secas dos Estados Unidos, no qual se baseou o Monitor de Secas do Brasil, tem liberação semanal de mapas. Na sua opinião, o que precisa mudar/melhorar para que os mapas brasileiros sejam divulgados com maior celeridade e frequência?

Primeiro, deve-se procurar uma forma mais ágil de obter os dados. Hoje, com o mapa mensal, nós levamos em torno de 8 dias para receber os dados, então uma semana é

praticamente de preparação de dados. Precisa ter uma forma mais rápida de visualizar esses dados, talvez de maneira automática, não sei como, para diminuir o intervalo de preparação do mapa. Acho que o princípio básico é esse: obter os dados mais rápido.

9) Na sua opinião, quais os maiores desafios para a consolidação do Monitor como ferramenta de direcionamento das políticas públicas?

Hoje, o Monitor já é uma ferramenta para ser decretado estado de emergência ou de calamidade devido à seca. A Defesa Civil Federal já utiliza o Monitor de Secas. Então, o que a gente precisa é ter um detalhamento maior do Monitor, para que a gente consiga, um dia, chegar em cada município. Para isso, precisa-se de mais dados, construir uma base. Não há como detalhar sem dados. No futuro, espera-se que a gente consiga fazer isso.

APÊNDICE B - CATEGORIAS E IMPACTOS DO MONITOR

Figura 31 - Monitor de secas para Sergipe (julho de 2018).

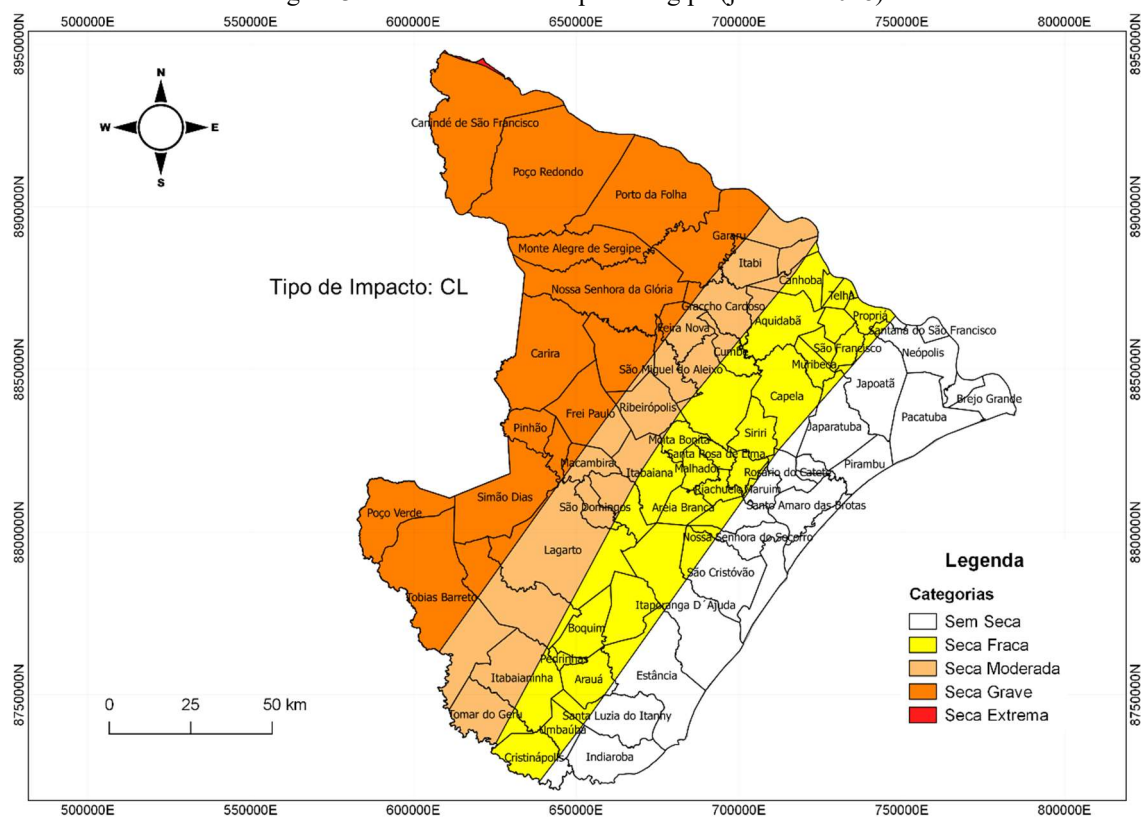
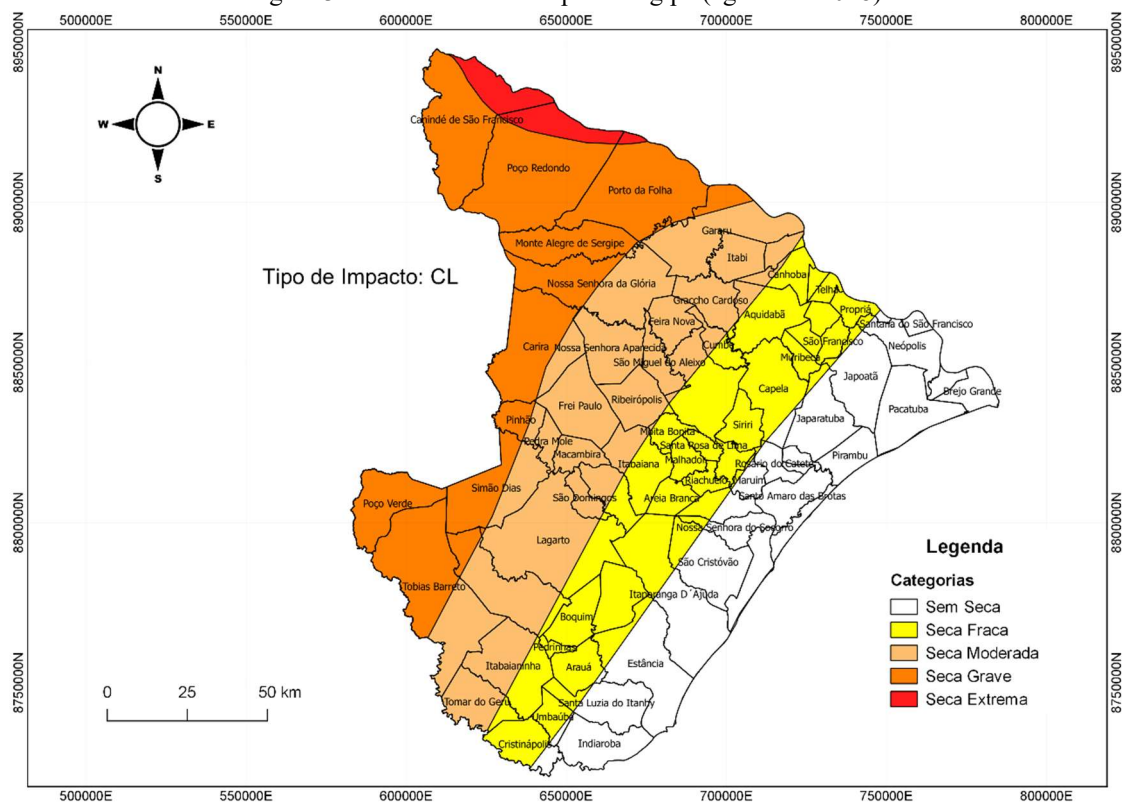


Figura 32 - Monitor de secas para Sergipe (agosto de 2018).



APÊNDICE C - NDVI: MAPAS E VALORES MÉDIOS

Figura 33 - NDVI para o mês de julho de 2018.

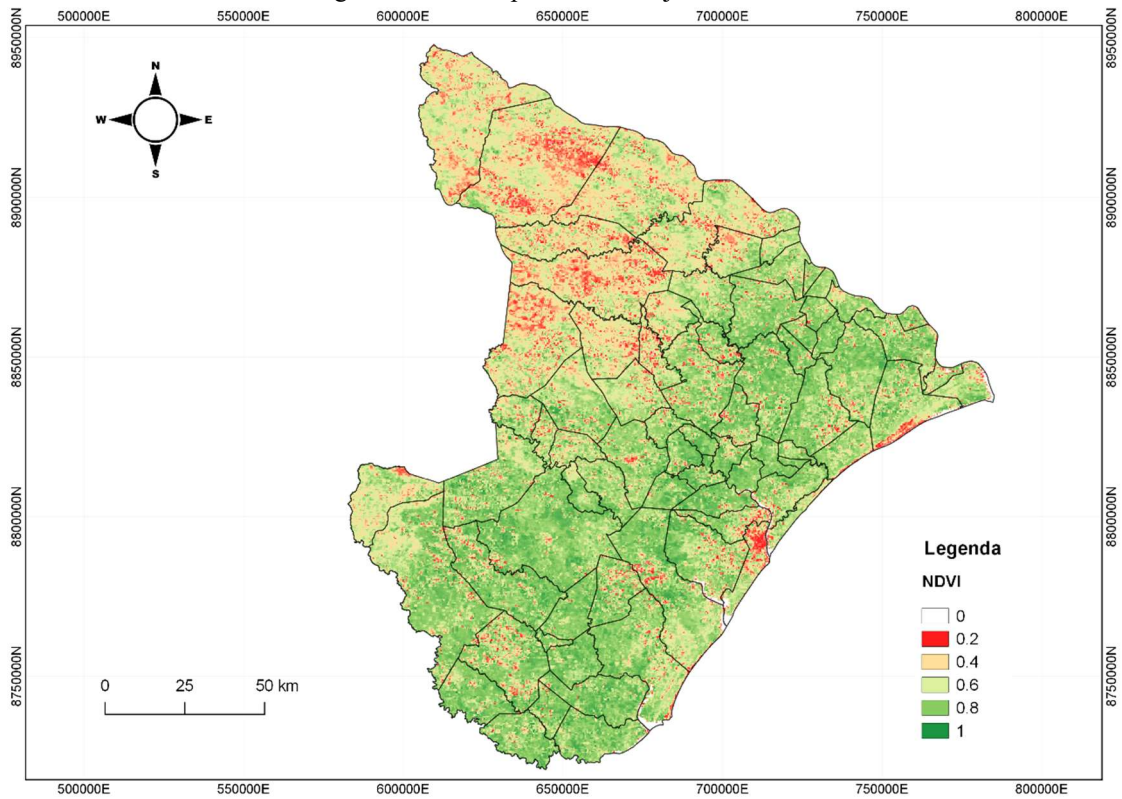
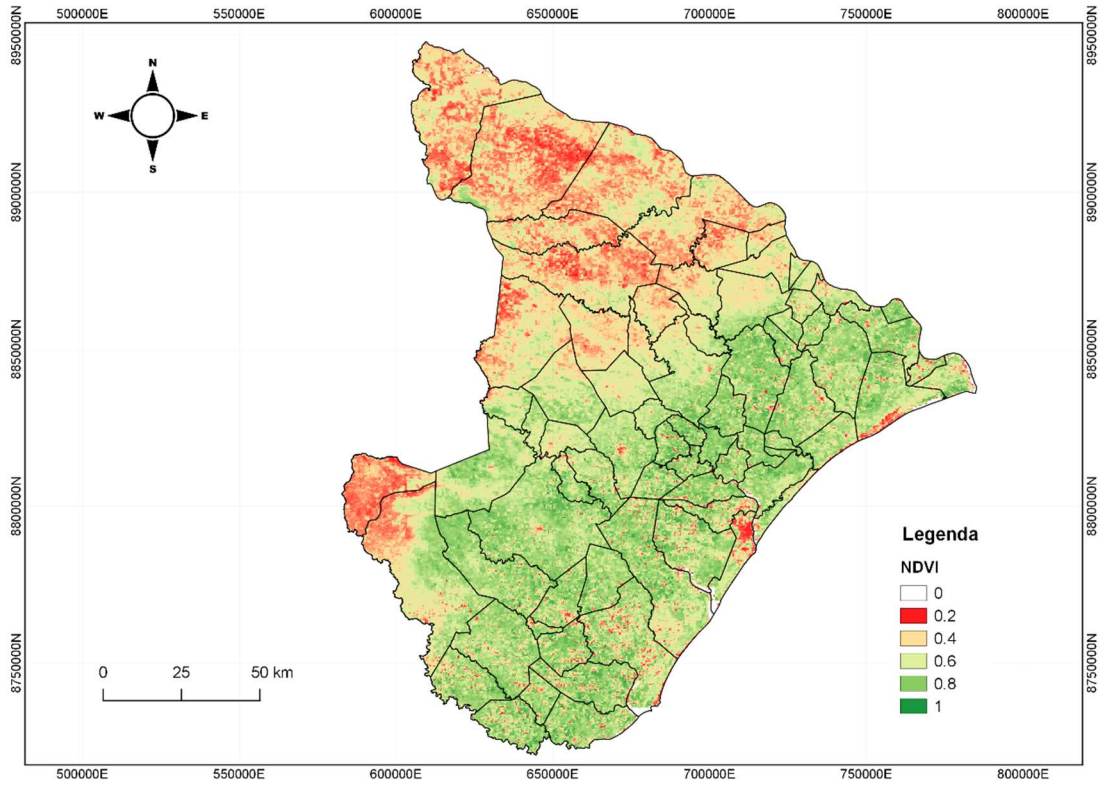


Figura 34 - NDVI para o mês de agosto de 2018.



APÊNDICE E - CATEGORIAS DO MSB E PRECIPITAÇÕES MENCIAIS

Tabela 36 - Categorias do MSB e precipitações mensais (julho de 2018).

	Posto	Chuva observada	Média Mensal	IC _{esq}	IC _{dir}	Classificação	Categoria
JULHO DE 2018	Aracaju	118,5	200,51	176,17	224,85	Abaixo	Sem seca
	Boquim	95,00	160,23	135,76	184,70	Abaixo	Seca fraca
	Canindé do São Francisco	36,50	55,23	48,24	62,23	Abaixo	Seca extrema
	Capela	322,75	189,26	163,42	215,09	Acima	Seca fraca
	Carira	50,00	100,54	87,86	113,22	Abaixo	Seca grave
	Frei Paulo	50,00	112,80	102,99	122,60	Abaixo	Seca grave
	Indiaroba	56,75	177,87	155,57	200,18	Abaixo	Sem seca
	Itabaianinha	60,66	122,61	109,63	135,60	Abaixo	Seca moderada
	Japaratuba	103,47	189,40	171,70	207,10	Abaixo	Seca fraca
	Lagarto	47,50	143,30	126,69	159,91	Abaixo	Seca grave
	Laranjeiras	160,75	223,64	186,18	261,10	Abaixo	Seca fraca
	Monte Alegre de Sergipe	28,75	119,26	85,29	153,23	Abaixo	Seca grave
	N. S. Aparecida	44,69	100,23	79,56	120,90	Abaixo	Seca grave
	N. S. Dores	70,00	148,05	132,74	163,37	Abaixo	Seca moderada
	N. S. Glória	39,38	95,67	80,19	111,16	Abaixo	Seca grave
	Neópolis	107,75	220,67	174,38	266,96	Abaixo	Seca fraca
	Poço Redondo	29,63	66,16	54,59	77,74	Abaixo	Seca grave
	Poço Verde	50,06	92,42	72,98	111,86	Abaixo	Seca grave
	Porto da Folha	29,19	76,71	67,19	86,22	Abaixo	Seca grave
	Propriá	12,25	119,30	106,21	132,39	Abaixo	Seca fraca
	Riachão do Dantas	71,25	131,31	114,64	147,98	Abaixo	Seca grave
	Santo Amaro das Brotas	150,19	208,60	178,77	238,43	Abaixo	Sem seca
	São Cristóvão	139,63	214,94	183,90	245,98	Abaixo	Seca fraca
	Tobias Barreto	50,06	91,07	82,97	99,18	Abaixo	Seca grave
	Umbaúba	58,70	155,32	135,16	175,49	Abaixo	Seca fraca

Tabela 37 - Categorias do MSB e precipitações mensais (agosto de 2018).

	Posto	Chuva observada	Média Mensal	IC_{esq}	IC_{dir}	Classificação	Categoria
AGOSTO DE 2018	Aracaju	38,25	120,75	108,04	133,46	Abaixo	Sem seca
	Boquim	54,50	117,45	100,32	134,58	Abaixo	Seca fraca
	Canindé do São Francisco	10,25	31,07	26,64	35,50	Abaixo	Seca extrema
	Capela	29,75	114,93	97,69	132,17	Abaixo	Seca fraca
	Carira	20,50	70,66	62,61	78,70	Abaixo	Seca grave
	Frei Paulo	20,50	75,67	67,99	83,36	Abaixo	Seca moderada
	Indiaroba	25,50	138,57	116,83	160,31	Abaixo	Sem seca
	Itabaianinha	30,66	90,15	79,28	101,02	Abaixo	Seca moderada
	Japarutuba	47,81	116,46	104,14	128,79	Abaixo	Seca fraca
	Lagarto	27,25	88,05	77,81	98,29	Abaixo	Seca grave
	Laranjeiras	80,75	135,37	118,19	152,54	Abaixo	Seca fraca
	Monte Alegre de Sergipe	8,25	63,92	48,02	79,82	Abaixo	Seca grave
	N. S. Aparecida	17,44	68,90	54,47	83,33	Abaixo	Seca moderada
	N. S. Dores	14,50	96,90	86,97	106,83	Abaixo	Seca moderada
	N. S. Glória	14,38	51,07	42,38	59,76	Abaixo	Seca grave
	Neópolis	23,00	131,00	103,33	158,66	Abaixo	Seca fraca
	Poço Redondo	9,25	32,76	26,59	38,94	Abaixo	Seca extrema
	Poço Verde	20,44	61,65	38,86	84,44	Abaixo	Seca grave
	Porto da Folha	8,75	44,00	37,65	50,34	Abaixo	Seca extrema
	Propriá	11,50	75,06	62,28	87,85	Abaixo	Seca fraca
	Riachão do Dantas	40,88	98,99	84,71	113,27	Abaixo	Seca grave
	Santo Amaro das Brotas	70,13	133,30	118,04	125,79	Abaixo	Sem seca
	São Cristóvão	59,50	125,18	109,53	140,83	Abaixo	Seca fraca
	Tobias Barreto	20,44	60,23	52,98	67,47	Abaixo	Seca grave
	Umbaúba	28,08	117,77	96,44	139,10	Abaixo	Seca fraca

APÊNDICE F - CATEGORIAS DO MSB E PRECIPITAÇÕES TRIMESTRAIS

Tabela 38 - Categorias do MSB e precipitações trimestrais (julho de 2018).

	Posto	Chuva observada	Média trimestral	IC_{esq}	IC_{dir}	Classificação	Categoria
JULHO DE 2018	Aracaju	456,75	711,95	649,40	774,49	Abaixo	Sem seca
	Boquim	371,00	587,87	503,65	672,08	Abaixo	Seca fraca
	Canindé do São Francisco	105,50	184,60	166,39	202,81	Abaixo	Seca Extrema
	Capela	667,50	596,74	526,99	666,49	Acima	Seca fraca
	Carira	198,50	330,36	280,30	380,43	Abaixo	Seca Grave
	Frei Paulo	198,50	386,78	354,88	418,67	Abaixo	Seca Grave
	Indiaroba	313,00	631,17	564,57	697,76	Abaixo	Sem seca
	Itabaianinha	215,91	407,27	373,85	440,70	Abaixo	Seca Moderada
	Japaratuba	434,13	639,21	582,64	695,77	Abaixo	Seca fraca
	Lagarto	185,50	458,10	419,98	496,22	Abaixo	Seca Grave
	Laranjeiras	490,75	728,48	647,55	809,42	Abaixo	Seca fraca
	Monte Alegre de Sergipe	98,00	385,96	294,40	477,53	Abaixo	Seca Grave
	N. S. Aparecida	173,38	353,03	266,07	440,00	Abaixo	Seca Grave
	N. S. Dorcas	213,00	488,78	449,09	528,47	Abaixo	Seca Moderada
	N. S. Glória	148,25	296,24	251,54	340,94	Abaixo	Seca Grave
	Neópolis	367,75	764,81	669,49	860,13	Abaixo	Seca fraca
	Poço Redondo	101,75	211,08	173,97	248,20	Abaixo	Seca Grave
	Poço Verde	153,56	292,47	244,16	340,77	Abaixo	Seca Grave
	Porto da Folha	99,88	255,78	229,84	281,73	Abaixo	Seca Grave
	Propriá	192,38	413,59	376,85	450,33	Abaixo	Seca fraca
	Riachão do Dantas	278,25	430,08	379,53	480,63	Abaixo	Seca Grave
	Santo Amaro das Brotas	482,25	738,17	665,49	810,85	Abaixo	Sem seca
	São Cristóvão	473,75	693,41	621,37	765,46	Abaixo	Seca fraca
	Tobias Barreto	153,56	308,77	282,30	335,24	Abaixo	Seca Grave
	Umbaúba	264,45	548,49	489,78	607,21	Abaixo	Seca fraca

Tabela 39 - Categorias do MSB e precipitações trimestrais (agosto de 2018).

	Posto	Chuva observada	Média trimestral	IC_{esq}	IC_{dir}	Classificação	Categoria
AGOSTO DE 2018	Aracaju	373,00	542,13	493,43	590,84	Abaixo	Sem seca
	Boquim	283,00	470,72	426,35	515,09	Abaixo	Seca fraca
	Canindé do São Francisco	77,25	148,68	133,68	163,68	Abaixo	Seca extrema
	Capela	588,25	504,79	448,63	560,94	Acima	Seca fraca
	Carira	168,50	285,01	257,18	312,85	Abaixo	Seca grave
	Frei Paulo	168,50	315,21	294,43	336,00	Abaixo	Seca moderada
	Indiaroba	245,00	530,29	477,65	582,92	Abaixo	Sem seca
	Itabaianinha	166,41	341,54	314,30	368,77	Abaixo	Seca moderada
	Japaratuba	364,06	505,71	468,04	543,38	Abaixo	Seca fraca
	Lagarto	141,50	378,46	348,92	407,99	Abaixo	Seca grave
	Laranjeiras	422,50	601,44	544,54	658,33	Abaixo	Seca fraca
	Monte Alegre de Sergipe	60,00	328,88	259,45	398,32	Abaixo	Seca grave
	N. S. Aparecida	141,38	296,66	250,68	342,65	Abaixo	Seca moderada
	N. S. Dores	150,50	410,20	379,18	441,22	Abaixo	Seca moderada
	N. S. Glória	114,25	246,87	213,18	280,56	Abaixo	Seca grave
	Neópolis	264,50	659,45	573,07	745,84	Abaixo	Seca fraca
	Poço Redondo	68,625	175,91	144,46	207,36	Abaixo	Seca extrema
	Poço Verde	120,56	245,42	200,30	290,54	Abaixo	Seca grave
	Porto da Folha	64,31	208,32	186,21	230,42	Abaixo	Seca extrema
	Propriá	91,37	339,07	308,49	369,65	Abaixo	Seca fraca
	Riachão do Dantas	212,25	379,58	342,68	416,48	Abaixo	Seca grave
	Santo Amaro das Brotas	410,13	562,94	515,87	610,01	Abaixo	Sem seca
	São Cristóvão	397,75	559,20	505,44	612,96	Abaixo	Seca fraca
	Tobias Barreto	120,56	249,16	228,37	269,95	Abaixo	Seca grave
	Umbaúba	205,70	464,71	410,37	519,05	Abaixo	Seca fraca

APÊNDICE G - CATEGORIAS DO MSB E PRECIPITAÇÕES SEMESTRAIS

Tabela 40 - Categorias do MSB e precipitações semestrais (julho de 2018).

	Posto	Chuva observada	Média semestral	IC _{esq}	IC _{dir}	Classificação	Categoria
JULHO DE 2018	Aracaju	808,75	1114,72	1027,41	1202,04	Abaixo	Sem seca
	Boquim	686,75	940,84	821,82	1059,86	Abaixo	Seca fraca
	Canindé do São Francisco	193,75	343,23	313,70	372,75	Abaixo	Seca Extrema
	Capela	760,00	925,65	837,72	1013,58	Abaixo	Seca fraca
	Carira	380,50	521,54	456,56	586,52	Abaixo	Seca Grave
	Frei Paulo	380,50	578,91	537,71	620,11	Abaixo	Seca Grave
	Indiaroba	563,50	1048,67	939,92	1157,42	Abaixo	Sem seca
	Itabaianinha	393,51	643,33	591,85	694,81	Abaixo	Seca Moderada
	Japaratuba	725,73	938,59	864,98	1012,20	Abaixo	Seca fraca
	Lagarto	343,38	725,56	671,87	779,25	Abaixo	Seca Grave
	Laranjeiras	817,00	1136,84	1011,83	1261,86	Abaixo	Seca fraca
	Monte Alegre de Sergipe	200,85	590,28	473,89	706,67	Abaixo	Seca Grave
	N. S. Aparecida	335,60	502,07	393,11	611,02	Abaixo	Seca Grave
	N. S. Dorés	493,00	729,07	676,06	782,08	Abaixo	Seca Moderada
	N. S. Glória	285,69	478,54	417,29	539,78	Abaixo	Seca Grave
	Neópolis	545,25	1064,82	961,02	1168,62	Abaixo	Seca fraca
	Poço Redondo	231,24	378,07	324,65	431,48	Abaixo	Seca Grave
	Poço Verde	271,97	486,53	421,25	551,82	Abaixo	Seca Grave
	Porto da Folha	216,05	411,76	375,10	448,42	Abaixo	Seca Grave
	Propriá	367,52	605,47	560,32	650,63	Abaixo	Seca fraca
	Riachão do Dantas	515,08	705,11	633,86	776,37	Abaixo	Seca Grave
	Santo Amaro das Brotas	814,94	1131,17	1036,07	1226,27	Abaixo	Sem seca
	São Cristóvão	812,89	1114,69	1013,35	1216,03	Abaixo	Seca fraca
	Tobias Barreto	271,97	518,23	476,57	559,88	Abaixo	Seca Grave
	Umbaúba	478,51	904,87	821,95	987,78	Abaixo	Seca fraca

Tabela 41 - Categorias do MSB e precipitações semestrais (agosto de 2018).

	Posto	Chuva observada	Média semestral	IC _{esq}	IC _{dir}	Classificação	Categoria
AGOSTO DE 2018	Aracaju	750,75	1164,58	1072,75	1256,42	Abaixo	Sem seca
	Boquim	699,50	988,97	870,70	1107,24	Abaixo	Seca fraca
	Canindé do São Francisco	168,50	333,80	304,04	363,57	Abaixo	Seca Extrema
	Capela	782,50	989,55	894,17	1084,94	Abaixo	Seca fraca
	Carira	362,00	552,20	487,50	616,89	Abaixo	Seca Grave
	Frei Paulo	362,00	624,10	583,04	665,17	Abaixo	Seca Moderada
	Indiaroba	556,25	1099,40	993,83	1204,98	Abaixo	Sem seca
	Itabaianinha	400,69	685,39	632,97	737,82	Abaixo	Seca Moderada
	Japarutuba	704,54	1017,55	938,53	1096,56	Abaixo	Seca fraca
	Lagarto	349,75	759,33	705,49	813,18	Abaixo	Seca Grave
	Laranjeiras	789,50	1180,06	1059,36	1300,75	Abaixo	Seca fraca
	Monte Alegre de Sergipe	141,25	612,90	491,44	734,35	Abaixo	Seca Grave
	N. S. Aparecida	306,83	554,11	439,99	668,24	Abaixo	Seca Moderada
	N. S. Dorcas	397,25	770,65	717,02	824,28	Abaixo	Seca Moderada
	N. S. Glória	246,64	487,07	424,65	549,49	Abaixo	Seca Grave
	Neópolis	510,00	1143,78	1031,73	1255,82	Abaixo	Seca fraca
	Poço Redondo	154,89	359,86	308,00	411,72	Abaixo	Seca Extrema
	Poço Verde	276,75	510,13	437,22	583,04	Abaixo	Seca Grave
	Porto da Folha	148,07	424,47	387,60	461,34	Abaixo	Seca Extrema
	Propriá	305,14	646,93	597,29	696,56	Abaixo	Seca fraca
	Riachão do Dantas	524,65	732,88	658,99	806,77	Abaixo	Seca Grave
	Santo Amaro das Brotas	779,82	1192,20	1093,58	1290,82	Abaixo	Sem seca
	São Cristóvão	770,14	1148,57	1050,03	1247,11	Abaixo	Seca fraca
	Tobias Barreto	276,75	532,75	491,15	574,36	Abaixo	Seca Grave
	Umbaúba	478,47	949,7202	858,7303	1040,71	Abaixo	Seca fraca

APÊNDICE H - CATEGORIAS DO MSB E ANOMALIAS MENSAIS

Tabela 42 - Categorias do MSB e anomalias mensais (julho de 2018).

	Posto	Anomalia observada	Desvio padrão (S)	-S	S	Classificação	Categoria
JULHO DE 2018	Aracaju	-82,01	124,55	-124,55	124,55	Dentro	Sem seca
	Boquim	-65,23	64,33	-64,33	64,33	À esquerda	Seca fraca
	Canindé do São Francisco	-18,73	35,97	-35,97	35,97	Dentro	Seca extrema
	Capela	133,49	93,72	-93,72	93,72	À direita	Seca fraca
	Carira	-50,54	46,00	-46,00	46,00	À esquerda	Seca grave
	Frei Paulo	-62,80	48,91	-48,91	48,91	À esquerda	Seca grave
	Indiaroba	-121,12	75,11	-75,11	75,11	À esquerda	Sem seca
	Itabaianinha	-61,95	63,74	-63,74	63,74	Dentro	Seca moderada
	Japaratuba	-85,93	85,47	-85,47	85,47	À esquerda	Seca fraca
	Lagarto	-95,80	81,54	-81,54	81,54	À esquerda	Seca grave
	Laranjeiras	-62,89	126,15	-126,15	126,15	Dentro	Seca fraca
	Monte Alegre de Sergipe	-90,51	114,45	-114,45	114,45	Dentro	Seca grave
	N. S. Aparecida	-55,54	51,18	-51,18	51,18	À esquerda	Seca grave
	N. S. Dorcas	-78,05	75,98	-75,98	75,98	À esquerda	Seca moderada
	N. S. Glória	-56,29	56,18	-56,18	56,18	À esquerda	Seca grave
	Neópolis	-112,92	126,19	-126,19	126,19	Dentro	Seca fraca
	Poço Redondo	-36,53	42,00	-42,00	42,00	Dentro	Seca grave
	Poço Verde	-42,36	86,78	-86,78	86,78	Dentro	Seca grave
	Porto da Folha	-47,52	48,67	-48,67	48,67	Dentro	Seca grave
	Propriá	-107,05	65,27	-65,27	65,27	À esquerda	Seca fraca
	Riachão do Dantas	-60,06	57,40	-57,40	57,40	À esquerda	Seca grave
	Santo Amaro das Brotas	-58,41	106,05	-106,05	106,05	Dentro	Sem seca
	São Cristóvão	-75,31	245,98	-245,98	245,98	Dentro	Seca fraca
	Tobias Barreto	-41,01	41,26	-41,26	41,26	Dentro	Seca grave
	Umbaúba	-96,62	62,20	-62,20	62,20	À esquerda	Seca fraca

Tabela 43 - Categorias do MSB e anomalias mensais (agosto de 2018).

	Posto	Anomalia observada	Desvio padrão (S)	-S	S	Classificação	Categoria
AGOSTO DE 2018	Aracaju	-82,50	65,34	-65,34	65,34	À esquerda	Sem seca
	Boquim	-62,95	45,04	-45,04	45,04	À esquerda	Seca fraca
	Canindé do São Francisco	-20,82	22,78	-22,78	22,78	Dentro	Seca extrema
	Capela	-85,18	62,55	-62,55	62,55	À esquerda	Seca fraca
	Carira	-50,16	28,90	-28,90	28,90	À esquerda	Seca grave
	Frei Paulo	-55,17	38,32	-38,32	38,32	À esquerda	Seca moderada
	Indiaroba	-113,07	74,04	-74,04	74,04	À esquerda	Sem seca
	Itabaianinha	-59,49	53,37	-53,37	53,37	À esquerda	Seca moderada
	Japaratuba	-68,65	60,18	-60,18	60,18	À esquerda	Seca fraca
	Lagarto	-60,80	50,26	-50,26	50,26	À esquerda	Seca grave
	Laranjeiras	-54,62	57,84	-57,84	57,84	Dentro	Seca fraca
	Monte Alegre de Sergipe	-55,67	54,19	-54,19	54,19	À esquerda	Seca grave
	N. S. Aparecida	-51,46	34,96	-34,96	34,96	À esquerda	Seca moderada
	N. S. Dores	-82,40	49,27	-49,27	49,27	À esquerda	Seca moderada
	N. S. Glória	-36,69	31,54	-31,54	31,54	À esquerda	Seca grave
	Neópolis	-108,00	75,43	-75,43	75,43	À esquerda	Seca fraca
	Poço Redondo	-23,51	22,40	-22,40	22,40	À esquerda	Seca extrema
	Poço Verde	-41,21	101,75	-101,75	101,75	Dentro	Seca grave
	Porto da Folha	-35,25	32,28	-32,28	32,28	À esquerda	Seca extrema
	Propriá	-63,56	63,44	-63,44	63,44	À esquerda	Seca fraca
	Riachão do Dantas	-58,11	49,16	-49,16	49,16	À esquerda	Seca grave
	Santo Amaro das Brotas	-63,17	54,79	-54,79	54,79	À esquerda	Sem seca
	São Cristóvão	-65,68	140,83	-140,83	140,83	Dentro	Seca fraca
	Tobias Barreto	-39,79	37,06	-37,06	37,06	À esquerda	Seca grave
	Umbaúba	-89,69	58,31	-58,31	58,31	À esquerda	Seca fraca

APÊNDICE I - CATEGORIAS DO MSB E ANOMALIAS TRIMESTRAIS

Tabela 44 - Categorias do MSB e anomalias trimestrais (julho de 2018).

	Posto	Anomalia observada	Desvio padrão (S)	-S	S	Classificação	Categoria
JULHO DE 2018	Aracaju	-255,20	320,02	-320,02	320,02	Dentro	Sem seca
	Boquim	-216,87	221,40	-221,40	221,40	Dentro	Seca fraca
	Canindé do São Francisco	-79,10	92,25	-92,25	92,25	Dentro	Seca extrema
	Capela	70,76	253,04	-253,04	253,04	Dentro	Seca fraca
	Carira	-131,86	181,65	-181,65	181,65	Dentro	Seca grave
	Frei Paulo	-188,28	159,09	-159,09	159,09	À esquerda	Seca grave
	Indiaroba	-318,17	224,24	-224,24	224,24	À esquerda	Sem seca
	Itabaianinha	-191,37	163,17	-163,17	163,17	À esquerda	Seca moderada
	Japaratuba	-205,08	273,12	-273,12	273,12	Dentro	Seca fraca
	Lagarto	-272,60	187,13	-187,13	187,13	À esquerda	Seca grave
	Laranjeiras	-237,73	269,39	-269,39	269,39	Dentro	Seca fraca
	Monte Alegre de Sergipe	-287,96	297,73	-297,73	297,73	Dentro	Seca grave
	N. S. Aparecida	-179,66	215,30	-215,30	215,30	Dentro	Seca grave
	N. S. Dores	-275,78	195,89	-195,89	195,89	À esquerda	Seca moderada
	N. S. Glória	-147,99	162,17	-162,17	162,17	Dentro	Seca grave
	Neópolis	-397,06	259,87	-259,87	259,87	À esquerda	Seca fraca
	Poço Redondo	-109,33	134,65	-134,65	134,65	Dentro	Seca grave
	Poço Verde	-138,91	215,66	-215,66	215,66	Dentro	Seca grave
	Porto da Folha	-155,91	130,10	-130,10	130,10	À esquerda	Seca grave
	Propriá	-221,21	183,24	-183,24	183,24	À esquerda	Seca fraca
	Riachão do Dantas	-151,83	174,08	-174,08	174,08	Dentro	Seca grave
	Santo Amaro das Brotas	-255,92	261,06	-261,06	261,06	Dentro	Sem seca
	São Cristóvão	-219,66	261,39	-261,39	261,39	Dentro	Seca fraca
	Tobias Barreto	-155,21	133,39	-133,39	133,39	À esquerda	Seca grave
	Umbaúba	-284,04	173,83	-173,83	173,83	À esquerda	Seca fraca

Tabela 45 - Categorias do MSB e anomalias trimestrais (agosto de 2018).

	Posto	Anomalia observada	Desvio padrão (S)	-S	S	Classificação	Categoria
AGOSTO DE 2018	Aracaju	-169,13	249,21	-249,21	249,21	Dentro	Sem seca
	Boquim	-187,72	116,64	-116,64	116,64	À esquerda	Seca fraca
	Canindé do São Francisco	-71,43	77,14	-77,14	77,14	Dentro	Seca extrema
	Capela	83,46	203,74	-203,74	203,74	Dentro	Seca fraca
	Carira	-116,51	99,98	-99,98	99,98	À esquerda	Seca grave
	Frei Paulo	-146,71	103,12	-103,12	103,12	À esquerda	Seca moderada
	Indiaroba	-285,29	177,24	-177,24	177,24	À esquerda	Sem seca
	Itabaianinha	-175,13	132,97	-132,97	132,97	À esquerda	Seca moderada
	Japaratuba	-141,65	181,91	-181,91	181,91	Dentro	Seca fraca
	Lagarto	-236,96	144,98	-144,98	144,98	À esquerda	Seca grave
	Laranjeiras	-178,94	189,37	-189,37	189,37	Dentro	Seca fraca
	Monte Alegre de Sergipe	-268,88	228,53	-228,53	228,53	À esquerda	Seca grave
	N. S. Aparecida	-155,29	111,40	-111,40	111,40	À esquerda	Seca moderada
	N. S. Dores	-259,70	153,08	-153,08	153,08	À esquerda	Seca moderada
	N. S. Glória	-132,62	122,23	-122,23	122,23	À esquerda	Seca grave
	Neópolis	-394,95	235,51	-235,51	235,51	À esquerda	Seca fraca
	Poço Redondo	-107,28	114,11	-114,11	114,11	Dentro	Seca extrema
	Poço Verde	-124,86	201,43	-201,43	201,43	Dentro	Seca grave
	Porto da Folha	-144,00	111,98	-111,98	111,98	À esquerda	Seca extrema
	Propriá	-247,69	151,72	-151,72	151,72	À esquerda	Seca fraca
	Riachão do Dantas	-167,33	127,07	-127,07	127,07	À esquerda	Seca grave
	Santo Amaro das Brotas	-152,82	169,07	-169,07	169,07	Dentro	Sem seca
	São Cristóvão	-161,45	195,05	-195,05	195,05	Dentro	Seca fraca
	Tobias Barreto	-128,60	104,76	-104,76	104,76	À esquerda	Seca grave
	Umbaúba	-259,01	153,69	-153,69	153,69	À esquerda	Seca fraca

APÊNDICE J - CATEGORIAS DO MSB E ANOMALIAS SEMESTRAIS

Tabela 46 - Categorias do MSB e anomalias semestrais (julho de 2018).

	Posto	Anomalia observada	Desvio padrão (S)	-S	S	Classificação	Categoria
JULHO DE 2018	Aracaju	-305,97	446,75	-446,75	446,75	Dentro	Sem seca
	Boquim	-254,09	312,90	-312,90	312,90	Dentro	Seca fraca
	Canindé do São Francisco	-149,48	149,58	-149,58	149,58	Dentro	Seca extrema
	Capela	-165,65	309,39	-309,39	309,39	Dentro	Seca fraca
	Carira	-141,04	233,39	-233,39	233,39	Dentro	Seca grave
	Frei Paulo	-198,41	203,34	-203,34	203,34	Dentro	Seca grave
	Indiaroba	-485,17	353,37	-353,37	353,37	À esquerda	Sem seca
	Itabaianinha	-249,82	249,96	-249,96	249,96	Dentro	Seca moderada
	Japaratuba	-212,86	345,38	-345,38	345,38	Dentro	Seca fraca
	Lagarto	-382,18	262,12	-262,12	262,12	À esquerda	Seca grave
	Laranjeiras	-319,84	406,22	-406,22	406,22	Dentro	Seca fraca
	Monte Alegre de Sergipe	-389,43	378,46	-378,46	378,46	À esquerda	Seca grave
	N. S. Aparecida	-166,47	269,75	-269,75	269,75	Dentro	Seca grave
	N. S. Dorés	-236,07	258,81	-258,81	258,81	Dentro	Seca moderada
	N. S. Glória	-192,85	219,98	-219,98	219,98	Dentro	Seca grave
	Neópolis	-519,57	277,98	-277,98	277,98	À esquerda	Seca fraca
	Poço Redondo	-146,83	193,78	-193,78	193,78	Dentro	Seca grave
	Poço Verde	-214,56	291,46	-291,46	291,46	Dentro	Seca grave
	Porto da Folha	-195,71	183,81	-183,81	183,81	À esquerda	Seca grave
	Propriá	-237,95	225,23	-225,23	225,23	À esquerda	Seca fraca
	Riachão do Dantas	-190,03	245,38	-245,38	245,38	Dentro	Seca grave
	Santo Amaro das Brotas	-316,23	341,59	-341,59	341,59	Dentro	Sem seca
	São Cristóvão	-301,80	358,70	-358,70	358,70	Dentro	Seca fraca
	Tobias Barreto	-246,26	209,94	-209,94	209,94	À esquerda	Seca grave
	Umbaúba	-426,36	248,15	-248,15	248,15	À esquerda	Seca fraca

Tabela 47 - Categorias do MSB e anomalias semestrais (agosto de 2018).

	Posto	Anomalia observada	Desvio padrão (S)	-S	S	Classificação	Categoria
AGOSTO DE 2018	Aracaju	-413,83	469,91	-469,91	469,91	Dentro	Sem seca
	Boquim	-289,47	310,94	-310,94	310,94	Dentro	Seca fraca
	Canindé do São Francisco	-165,30	150,76	-150,76	150,76	À esquerda	Seca extrema
	Capela	-207,05	335,63	-335,63	335,63	Dentro	Seca fraca
	Carira	-190,20	230,02	-230,02	230,02	Dentro	Seca grave
	Frei Paulo	-262,10	202,67	-202,67	202,67	À esquerda	Seca moderada
	Indiaroba	-543,15	347,24	-347,24	347,24	À esquerda	Sem seca
	Itabaianinha	-284,70	255,96	-255,96	255,96	À esquerda	Seca moderada
	Japaratuba	-313,01	379,43	-379,43	379,43	Dentro	Seca fraca
	Lagarto	-409,58	262,90	-262,90	262,90	À esquerda	Seca grave
	Laranjeiras	-390,56	401,74	-401,74	401,74	Dentro	Seca fraca
	Monte Alegre de Sergipe	-471,65	394,92	-394,92	394,92	À esquerda	Seca grave
	N. S. Aparecida	-247,28	276,48	-276,48	276,48	Dentro	Seca moderada
	N. S. Dores	-373,40	263,27	-263,27	263,27	À esquerda	Seca moderada
	N. S. Glória	-240,43	224,20	-224,20	224,20	À esquerda	Seca grave
	Neópolis	-633,78	305,47	-305,47	305,47	À esquerda	Seca fraca
	Poço Redondo	-204,97	188,14	-188,14	188,14	À esquerda	Seca extrema
	Poço Verde	-233,38	325,50	-325,50	325,50	Dentro	Seca grave
	Porto da Folha	-276,40	183,90	-183,90	183,90	À esquerda	Seca extrema
	Propriá	-341,79	260,68	-260,68	260,68	À esquerda	Seca fraca
	Riachão do Dantas	-208,23	254,47	-254,47	254,47	Dentro	Seca grave
	Santo Amaro das Brotas	-412,38	354,23	-354,23	354,23	À esquerda	Sem seca
	São Cristóvão	-378,43	353,52	-353,52	353,52	À esquerda	Seca fraca
	Tobias Barreto	-256,00	209,67	-209,67	209,67	À esquerda	Seca grave
	Umbaúba	-471,25	260,04	-260,04	260,04	À esquerda	Seca fraca

APÊNDICE K - CATEGORIAS DO MSB E NDVI

Tabela 48 - Categorias do MSB e NDVI (julho de 2018).

Município	Categoria	NDVI_{médio}	Intervalo NDVI
Amparo do São Francisco	Seca fraca	0,68	0,50-0,75
Aquidabã	Seca moderada	0,72	0,50-0,75
Aracaju	Sem seca	0,47	0,25-0,50
Araúá	Seca fraca	0,78	0,75-1,00
Areia Branca	Seca fraca	0,78	0,75-1,00
Barra dos Coqueiros	Sem seca	0,58	0,50-0,75
Boquim	Seca fraca	0,77	0,75-1,00
Brejo Grande	Sem seca	0,62	0,50-0,75
Campo do Brito	Seca moderada	0,71	0,50-0,75
Canhoba	Seca moderada	0,67	0,50-0,75
Canindé do São Francisco	Seca extrema	0,49	0,25-0,50
Capela	Seca fraca	0,74	0,50-0,75
Carira	Seca grave	0,49	0,25-0,50
Carmópolis	Sem seca	0,71	0,50-0,75
Cedro de São João	Seca fraca	0,72	0,50-0,75
Cristinápolis	Seca fraca	0,74	0,50-0,75
Cumbe	Seca moderada	0,67	0,50-0,75
Divina Pastora	Seca fraca	0,73	0,50-0,75
Estância	Seca fraca	0,69	0,50-0,75
Feira Nova	Seca grave	0,56	0,50-0,75
Frei Paulo	Seca grave	0,65	0,50-0,75
Gararu	Seca grave	0,54	0,50-0,75
General Maynard	Sem seca	0,79	0,75-1,00
Graccho Cardoso	Seca grave	0,65	0,50-0,75
Ilha das Flores	Sem seca	0,61	0,50-0,75
Indiaroba	Sem seca	0,75	0,75-1,00
Itabaiana	Seca moderada	0,70	0,50-0,75
Itabaianinha	Seca moderada	0,67	0,50-0,75
Itabi	Seca grave	0,56	0,50-0,75
Itaporanga D'Ajuda	Seca fraca	0,68	0,50-0,75
Japaratuba	Seca fraca	0,70	0,50-0,75
Japoatã	Seca fraca	0,72	0,50-0,75
Lagarto	Seca grave	0,76	0,75-1,00
Laranjeiras	Seca fraca	0,76	0,75-1,00
Macambira	Seca grave	0,63	0,50-0,75
Malhada dos Bois	Seca fraca	0,73	0,50-0,75
Malhador	Seca fraca	0,76	0,75-1,00
Maruim	Seca fraca	0,77	0,75-1,00
Moita Bonita	Seca moderada	0,70	0,50-0,75
Monte Alegre de Sergipe	Seca grave	0,49	0,25-0,50
Muribeca	Seca fraca	0,76	0,75-1,00
N. S. Aparecida	Seca grave	0,49	0,25-0,50
N. S. Dores	Seca moderada	0,67	0,50-0,75
N. S. Lourdes	Seca moderada	0,65	0,50-0,75

Município	Categoria	NDVI_{médio}	Intervalo NDVI
Neópolis	Seca fraca	0,71	0,50-0,75
Pacatuba	Sem seca	0,64	0,50-0,75
Pedra Mole	Seca grave	0,60	0,50-0,75
Pedrinhas	Seca fraca	0,74	0,50-0,75
Pinhão	Seca grave	0,63	0,50-0,75
Pirambu	Sem seca	0,67	0,50-0,75
Poço Redondo	Seca grave	0,46	0,25-0,50
Poço Verde	Seca grave	0,57	0,50-0,75
Porto da Folha	Seca grave	0,52	0,50-0,75
Propriá	Seca fraca	0,67	0,50-0,75
Riachão do Dantas	Seca grave	0,74	0,50-0,75
Riachuelo	Sem seca	0,76	0,75-1,00
Ribeirópolis	Seca grave	0,60	0,50-0,75
Rosário do Catete	Seca fraca	0,77	0,75-1,00
Salgado	Seca fraca	0,69	0,50-0,75
Santa Luzia do Itanhi	Seca fraca	0,77	0,75-1,00
Santa Rosa de Lima	Seca fraca	0,77	0,75-1,00
Santana do São Francisco	Sem seca	0,68	0,50-0,75
Santo Amaro das Brotas	Sem seca	0,69	0,50-0,75
São Cristóvão	Seca fraca	0,68	0,50-0,75
São Domingos	Seca moderada	0,74	0,50-0,75
São Francisco	Seca fraca	0,77	0,75-1,00
São Miguel do Aleixo	Seca grave	0,53	0,50-0,75
Simão Dias	Seca grave	0,70	0,50-0,75
Siriri	Seca fraca	0,70	0,50-0,75
Telha	Seca fraca	0,71	0,50-0,75
Tobias Barreto	Seca grave	0,69	0,50-0,75
Tomar do Geru	Seca moderada	0,76	0,75-1,00
Umbaúba	Seca fraca	0,74	0,50-0,75

Tabela 49 - Categorias do MSB E NDVI (agosto de 2018).

Município	Categoria	NDVI_{médio}	Intervalo NDVI
Amparo do São Francisco	Seca fraca	0,59	0,50-0,75
Aquidabã	Seca moderada	0,57	0,50-0,75
Aracaju	Sem seca	0,48	0,25-0,50
Araúá	Seca fraca	0,69	0,50-0,75
Areia Branca	Seca fraca	0,68	0,50-0,75
Barra dos Coqueiros	Sem seca	0,58	0,50-0,75
Boquim	Seca fraca	0,68	0,50-0,75
Brejo Grande	Sem seca	0,60	0,50-0,75
Campo do Brito	Seca moderada	0,66	0,50-0,75
Canhoba	Seca moderada	0,51	0,50-0,75
Canindé do São Francisco	Seca extrema	0,40	0,25-0,50
Carira	Seca grave	0,46	0,25-0,50
Carmópolis	Sem seca	0,70	0,50-0,75
Cedro de São João	Seca fraca	0,59	0,50-0,75
Cristinápolis	Seca fraca	0,69	0,50-0,75

Município	Categoria	NDVI_{médio}	Intervalo NDVI
Divina Pastora	Seca fraca	0,77	0,75-1,00
Estância	Seca fraca	0,62	0,50-0,75
Feira Nova	Seca moderada	0,44	0,25-0,50
Frei Paulo	Seca moderada	0,59	0,50-0,75
Gararu	Seca grave	0,43	0,25-0,50
General Maynard	Sem seca	0,74	0,50-0,75
Graccho Cardoso	Seca moderada	0,47	0,25-0,50
Ilha das Flores	Sem seca	0,59	0,50-0,75
Indiaroba	Sem seca	0,70	0,50-0,75
Itabaiana	Seca moderada	0,67	0,50-0,75
Itabaianinha	Seca moderada	0,68	0,50-0,75
Itabi	Seca moderada	0,41	0,25-0,50
Itaporanga D'Ajuda	Seca fraca	0,65	0,50-0,75
Japarutuba	Seca fraca	0,69	0,50-0,75
Japoatã	Seca fraca	0,69	0,50-0,75
Lagarto	Seca grave	0,71	0,50-0,75
Laranjeiras	Seca fraca	0,70	0,50-0,75
Macambira	Seca moderada	0,58	0,50-0,75
Malhada dos Bois	Seca fraca	0,67	0,50-0,75
Malhador	Seca fraca	0,73	0,50-0,75
Maruim	Seca fraca	0,69	0,50-0,75
Moita Bonita	Seca moderada	0,66	0,50-0,75
Monte Alegre de Sergipe	Seca grave	0,42	0,25-0,50
Muribeca	Seca fraca	0,71	0,50-0,75
N. S. Aparecida	Seca moderada	0,44	0,25-0,50
N. S. Dores	Seca moderada	0,63	0,50-0,75
N. S. Glória	Seca grave	0,41	0,25-0,50
N. S. Lourdes	Seca moderada	0,47	0,25-0,50
N. S. Socorro	Seca fraca	0,60	0,50-0,75
Neópolis	Seca fraca	0,69	0,50-0,75
Pacatuba	Sem seca	0,63	0,50-0,75
Pedra Mole	Seca moderada	0,64	0,50-0,75
Pedrinhas	Seca fraca	0,67	0,50-0,75
Pinhão	Seca grave	0,60	0,50-0,75
Pirambu	Sem seca	0,64	0,50-0,75
Poço Redondo	Seca extrema	0,39	0,25-0,50
Poço Verde	Seca grave	0,34	0,25-0,50
Porto da Folha	Seca extrema	0,42	0,25-0,50
Propriá	Seca fraca	0,58	0,50-0,75
Riachão do Dantas	Seca grave	0,71	0,50-0,75
Riachuelo	Seca fraca	0,71	0,50-0,75
Rosário do Catete	Seca fraca	0,72	0,50-0,75
Salgado	Seca moderada	0,70	0,50-0,75
Santa Luzia do Itanhi	Seca fraca	0,69	0,50-0,75
Santa Rosa de Lima	Seca fraca	0,75	0,50-0,75
Santana do São Francisco	Sem seca	0,72	0,50-0,75
Santo Amaro das Brotas	Sem seca	0,70	0,50-0,75

Município	Categoria	NDVI_{médio}	Intervalo NDVI
São Cristóvão	Seca fraca	0,66	0,50-0,75
São Domingos	Seca moderada	0,68	0,50-0,75
São Francisco	Seca fraca	0,68	0,50-0,75
São Miguel do Aleixo	Seca moderada	0,51	0,50-0,75
Simão Dias	Seca grave	0,66	0,50-0,75
Siriri	Seca fraca	0,72	0,50-0,75
Telha	Seca fraca	0,59	0,50-0,75
Tobias Barreto	Seca grave	0,55	0,50-0,75
Tomar do Geru	Seca moderada	0,68	0,50-0,75
Umbaúba	Seca fraca	0,68	0,50-0,75

APÊNDICE L - DECRETAÇÕES E IMPACTOS

Tabela 50 - Decretações de emergência e impactos do MSB (julho de 2018).

Município	Decretação	Impacto
N. S. Glória	Estiagem	CL
N. S. Lourdes	Estiagem	CL
Carira	Estiagem	CL
N. S. Aparecida	Estiagem	CL
Pinhão	Estiagem	CL
Ribeirópolis	Estiagem	CL
São Miguel do Aleixo	Estiagem	CL
Poço Verde	Estiagem	CL
Tobias Barreto	Estiagem	CL
Canindé do São Francisco	Seca	CL
Gararu	Seca	CL
Monte Alegre de Sergipe	Seca	CL
Poço Redondo	Seca	CL
Porto da Folha	Seca	CL
Frei Paulo	Seca	CL

Tabela 51 - Decretações de emergência e impactos do MSB (agosto de 2018).

Município	Decretação	Impacto
Gararu	Estiagem	CL
N. S. Glória	Estiagem	CL
N. S. Lourdes	Estiagem	CL
Carira	Estiagem	CL
N. S. Aparecida	Estiagem	CL
Pinhão	Estiagem	CL
Ribeirópolis	Estiagem	CL
São Miguel do Aleixo	Estiagem	CL
Poço Verde	Estiagem	CL
Simão Dias	Estiagem	CL
Tobias Barreto	Estiagem	CL
Canindé do São Francisco	Seca	CL
Monte Alegre de Sergipe	Seca	CL
Poço Redondo	Seca	CL
Porto da Folha	Seca	CL
Itabi	Seca	CL
Frei Paulo	Seca	CL

APÊNDICE M - PROPOSTA DE REFORMULAÇÃO DO FMP**FORMULÁRIO MÍNIMO PADRÃO DE OBSERVAÇÃO DE IMPACTOS PARA A
VALIDAÇÃO DO MAPA DO MSNE - MÊS/ANO**

Nome completo:

Telefone:

E-mail:

Estado:

Município:

Instituição:

Cargo:

Data:

1. Considerando o quadro de seca no seu município, comparado com o mês anterior, você diria que:

() Houve melhora

() Houve piora

() Não houve alteração

() Não há seca

() Não sei opinar

Justificativa:

2. Analise as chuvas observadas no município nesse último mês.

a) Em relação à média histórica de precipitação da região:

() Não choveu

() Choveu acima da média

() Choveu na média

() Choveu abaixo da média

Média mensal de precipitação da região: _____

Chuva observada: _____

b) Caso tenha chovido, como foi a distribuição temporal da chuva nesse mês?

() Choveu em poucos dias (menos de 10 dias, em média)

() Houve registro de chuva em mais de 15 dias do mês

Número de dias de chuva: _____

c) Caso tenha chovido, como foi a distribuição espacial da chuva nesse mês?

() Choveu de forma isolada, em poucos bairros do município

() Choveu em grande parte do município

3. Sobre as culturas de sequeiro, como você caracterizaria a situação dos principais cultivos no seu município? Indique a cultura depois de assinalar a(s) opção(ões) apresentada(s).

() Não se plantou por estar fora de época

() Plantou-se fora de época e houve perda

Cultura(s): _____

() Plantou-se fora de época e não houve perda

Cultura(s): _____

() Está na época, mas o plantio não começou devido à falta de chuva

Cultura(s): _____

() Plantou-se e nenhuma perda foi registrada

Cultura(s): _____

() Plantou-se e alguma perda tem sido registrada devido à falta de chuva

Cultura(s): _____

() Plantou-se, mas é provável que ocorram perdas devido à falta de chuva

Cultura(s): _____

Por que deve haver perda? _____

() Plantou-se, mas grandes perdas foram registradas devido à falta de chuva

Cultura(s): _____

() Plantou-se e alguma perda tem sido registrada devido ao excesso de chuva

Cultura(s): _____

() Plantou-se, mas é provável que ocorram perdas devido ao excesso de chuva

Cultura(s): _____

Por que deve haver perda? _____

() Plantou-se, mas grandes perdas foram registradas devido ao excesso chuva
Cultura(s): _____

4. Com relação ao uso da água na sua região, assinale:

() Não há problema para o uso da água (água abundante)

() Os mananciais estão baixos, mas não há problema para o uso da água

() Os mananciais estão baixos e alguns usos da água estão sendo afetados

Usos afetados: _____

() Os mananciais estão muito baixos e há restrições no uso da água

Restrições: _____

() Os mananciais estão críticos e há restrições severas no uso da água

Restrições: _____

() Os sistemas hídricos estão em colapso e a falta de água é generalizada

Falta água para: _____

() Não tenho essa informação

5. Caso deseje, utilize o espaço abaixo para especificar os mananciais/fontes de água avaliados, que tipo de problemas no uso da água sua região tem registrado e/ou relatar outros impactos relacionados à seca que são observados atualmente na sua região de atuação:

--

ANEXO A - FORMULÁRIO MÍNIMO PADRÃO**FORMULÁRIO MÍNIMO PADRÃO DE OBSERVAÇÃO DE IMPACTOS PARA A
VALIDAÇÃO DO MAPA DO MSB - MÊS/ANO**

Nome completo:

Telefone:

E-mail:

Estado:

Município/Território:

Instituição:

1. Considerando o quadro de seca na sua região, comparado com o mês anterior, você diria que:
☐ Houve melhora
☐ Houve piora
☐ Não houve alteração
☐ Não há seca
☐ Não sei opinar

2. Como você avalia as chuvas ocorridas na sua região de atuação nesse último mês?
 - a) Quanto à quantidade de chuva observada:
☐ Não choveu ☐ Pouca chuva ☐ Razoável ☐ Muita chuva ☐ Não sei avaliar
 - b) Caso tenha chovido, como foi a distribuição temporal da chuva nesse mês?
☐ Choveu em poucos dias (Menos de 10 dias, em média)
☐ Houve registro de chuva em mais de 15 dias do mês
☐ Não sei avaliar
 - c) Caso tenha chovido, como foi a distribuição espacial da chuva nesse mês?
☐ Choveu de forma isolada, em poucas localidades da região
☐ Choveu em grande parte da região
☐ Não sei avaliar

3. Sobre as culturas de sequeiro, como você caracterizaria a situação dos principais cultivos na sua região? Indique a cultura depois de assinalar a(s) opção (ões) apresentada (s).
☐ Não é época de plantio.

() Está na época, mas o plantio não começou devido à falta de chuva.

Cultura (s):

() Plantou-se e nenhuma perda foi registrada.

Cultura (s):

() Plantou-se e alguma perda tem sido registrada.

Cultura (s):

() Plantou-se, mas é provável que ocorram perdas.

Cultura (s):

() Plantou-se, mas grandes perdas foram registradas.

Cultura (s):

() Não tenho essa informação.

4. Com relação ao uso da água na sua região, assinale:

() Não há problema para o uso da água.

() Os mananciais estão baixos, mas não há problema para o uso da água.

() Os mananciais estão baixos e alguns usos da água estão sendo afetados.

Usos afetados:

() Os mananciais estão muito baixos e há restrições no uso da água.

Restrições:

() Os mananciais estão críticos e há restrições severas no uso da água.

Restrições:

() Os sistemas hídricos estão em colapso e a falta de água é generalizada.

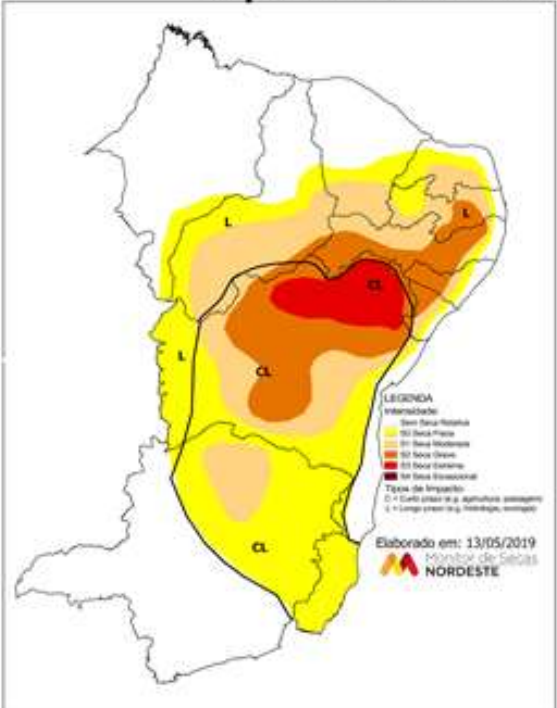
() Não tenho essa informação.

5. Caso deseje, utilize o espaço abaixo para especificar os mananciais/fontes de água avaliados, que tipo de problemas no uso da água sua região tem registrado e/ou relatar outros impactos relacionados à seca que são observados atualmente na sua região de atuação:

--

ANEXO B - FORMULÁRIO DE VALIDAÇÃO

Figura 37 - Exemplo de Formulário de Validação do R1.

Monitor de Secas do Nordeste Mapa R1 - ABR/2019	
	<p>Nome:</p> <p>Instituição:</p> <p>Cargo:</p> <p>Formação:</p> <p>Concorda com as categorias de seca propostas no Mapa? () SIM () NÃO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caso NÃO concorde, apresente sugestões de alteração e comentários por escrito e/ou diretamente no Mapa; • Um programa de edição pode ser utilizado para “desenhar” no Mapa, ou mesmo a mão e enviado escaneado ou por fotografia; • A contestação deve ser acompanhada de um argumento sólido, encaminhado em anexo (indicadores de seca, dados observados, produtos de sensoriamento remoto, mapas de chuva, condição de reservatórios, laudos como os da EMATER, benefícios sociais como Garantia Safra e Carros Pipa etc.); • Os argumentos referentes às sugestões de alteração devem ser anexados no e-mail, junto a esse formulário.

Fonte: Acervo da autora.